



**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM**  
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN 1309-1751

**Mühendislik Bilimleri Dergisi**  
Journal of Engineering Sciences

**2022**

ÖZEL SAYI /  
SPECIAL ISSUE  
CILT / VOLUME : 25



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



### **Yazışma Adresi / Corresponding Address**

**Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi**  
**Mühendislik Bilimleri Dergisi**  
**46050, Onikişubat/Kahramanmaraş**  
**TÜRKİYE**

### **E - Posta**

**jes@ksu.edu.tr**

### **Web**

**<http://jes.ksu.edu.tr/>**

**Bu dergi hakemli olup yılda 4 kez yayınlanır.**

**This journal is peer - reviewed and published 4 issues per year.**



### Sahibi / Owner

**Prof.Dr. Alptekin YASIM**  
KSU Rector

### Baş Editör / Editor in Chief

**Prof. Dr. Hüseyin TEMİZ**  
htemiz@ksu.edu.tr

### Baş Editör Yardımcısı / Vice Editor in Chief

**Assist. Prof. Dr. Zeynep Banu ÖZGER**  
zeynepozger@ksu.edu.tr

### Editörler / Editors

**Prof. Dr. Ahmet Serdar YILMAZ**  
Electrical and Electronics Eng.  
KSU Univ. TURKEY  
asyilmaz@ksu.edu.tr

**Prof. Dr. Ahmet ALKAN**  
Electrical and Electronics Eng.  
KSU Univ. TURKEY  
aalkan@ksu.edu.tr

**Prof. Dr. Mehmet ÜNSAL**  
Civil Eng.  
KSU Univ. TURKEY  
munsal@ksu.edu.tr

**Prof. Dr. Ahmet KAYA**  
Mechanical Eng.  
KSU Univ. TURKEY  
kaya38@ksu.edu.tr

**Prof. Dr. Remzi ŞAHİN**  
Civil Eng.  
Atatürk Univ.,TURKEY  
rsahin@atauni.edu.tr

**Prof Dr. Yücel ÖZMEN**  
Mechanical Eng.  
Karadeniz Teknik Univ.,TURKEY  
yozmen@ktu.edu.tr

**Prof.Dr. Özlem TURGAY**  
Food Eng.  
KSU Univ. TURKEY  
ozlem@ksu.edu.tr

**Prof. Dr. Fatih MENGELOĞLU**  
Landscape Arc.  
KSU Univ. TURKEY  
fmengelo@ksu.edu.tr

**Prof. Dr. Tahir Çetin AKINCI**  
Electrical Eng.  
İstanbul Teknik Univ, TURKEY  
akincitc@itu.edu.tr

**Prof. Dr. Kristina SARIC**  
Geological Eng.  
University of Belgrade, SERBIA  
kristina.saric@rgf.bg.ac.rs

**Prof. Dr. Ramazan GÖKÇE**  
Food Eng.  
Pamukkale Univ., TURKEY  
rgokce@pau.edu.tr

**Prof. Dr. A. Mehmet YÜCEER**  
Chemical Eng.  
İnönü Univ., TURKEY  
[mehmet.yuceer@inonu.edu.tr](mailto:mehmet.yuceer@inonu.edu.tr)

**Assoc. Prof.Dr.Tamer RIZAOĞLU**  
Geological Eng.  
KSU Univ., TURKEY  
tamer@ksu.edu.tr

**Assist.Prof.Dr. Fethullah GÖÇER**  
Industrial Eng.  
KSU Univ. TURKEY  
fgocer@ksu.edu.tr

**Assist.Prof.Dr. Yakup CUCİ**  
Environmental Eng.  
KSU Univ. TURKEY  
cuci@ksu.edu.tr

**Assoc.Prof.Dr. Erdem SELVER**  
Textile Eng.  
KSU Univ. TURKEY  
esilver@ksu.edu.tr

**Assist. Prof. Dr. Hasan BADEM**  
Computer Eng.  
KSU Univ. TURKEY  
hbadem@ksu.edu.tr

**Assist. Prof. Dr. Beril ÖZÇELİK**  
Mechanical Eng.  
KSU Univ. TURKEY  
bozcelik@ksu.edu.tr

**Assist. Prof. Dr. Özdeş ÇERMİK**  
Language Editor  
KSU Univ. TURKEY  
ozdescermik@ksu.edu.tr

**Research Assist. Fahriye GEMCİ**  
Technical Manager  
KSU Univ. TURKEY  
fahriyegemci@ksu.edu.tr

**Res. Assist. Dr. S.Hatice GÖKLER**  
Technical Manager  
KSU Univ. TURKEY  
sedahaticegokler@ksu.edu.tr

**Res. Assist. Elif ÇELİK**

Technical Manager  
KSU Univ. TURKEY  
elifcelik@ksu.edu.tr

**Res. Assist. Sermet AYMAN**

Technical Manager  
KSU Univ. TURKEY  
sayman@ksu.edu.tr

## Danışma Kurulu / Advisory Board

**Prof. Dr. Cetin Kaya KOC**

Dep. of Computer Eng.  
Univ Of Cal.  
Santa Barbara. USA  
[koc@cs.ucsb.edu](mailto:koc@cs.ucsb.edu)

**Prof. Dr. Ayhan ÖZDEMİR**

Dep. of Elect. & Elcn Eng.  
Sakarya Univ. Sakarya,  
TURKEY  
[aozdemir@sakarya.edu.tr](mailto:aozdemir@sakarya.edu.tr)

**Prof. Dr. Hüseyin AKILLI**

Dep. of Mechanical Eng.  
ÇU Univ.  
Adana, TURKEY  
[hakilli@cu.edu.tr](mailto:hakilli@cu.edu.tr)

**Prof. Dr. Mehmet KORÜREK**

Dep. Of Elcn & Comm Eng.  
İTU Univ.  
İstanbul. TURKEY  
[korurek@itu.edu.tr](mailto:korurek@itu.edu.tr)

**Prof. Dr. Yasemin KORKMAZ**

Dep. of Textile Eng.  
KSU Univ.  
TURKEY  
[ykorkmaz@ksu.edu.tr](mailto:ykorkmaz@ksu.edu.tr)

**Prof. Dr. Ahmet PINARBAŞI**

Dep. of Mechanical Eng.  
Alanya Alaaddin Keykubat  
Univ. Antalya, TURKEY  
[apinarbasi@alanya.edu.tr](mailto:apinarbasi@alanya.edu.tr)

**Prof. Dr. S. Serhat ŞEKER**

Dep. Of Elect. Eng.  
İTU Univ. İstanbul.  
TURKEY  
[sekers@itu.edu.tr](mailto:sekers@itu.edu.tr)

**Prof. Dr. Şerafettin EREL**

Dep. of Elect. & Elcn Eng.  
YBU Univ.  
Ankara, TURKEY  
[serel@ybu.edu.tr](mailto:serel@ybu.edu.tr)

**Assoc. Prof. Dr. Mustafa ONAT**

Dep. of Computer Eng.  
Marmara Univ.  
İstanbul. TURKEY  
[monat@marmara.edu.tr](mailto:monat@marmara.edu.tr)

**Prof. Dr. Eyüp DEBİK**

Dep. of Environmental Eng.  
Yıldız Technical Univ.  
İstanbul. TURKEY  
[debik@yildiz.edu.tr](mailto:debik@yildiz.edu.tr)

**Prof. Dr. Fan MIZI**

Dep. of Civil Eng.  
Brunel Univ.  
Uxbridge, UK  
[mizi.fan@brunel.ac.uk](mailto:mizi.fan@brunel.ac.uk)

**Prof. Dr. A. Fevzi BABA**

Dep. of Elect. & Elcn Eng.  
Marmara Univ. İst.,  
TURKEY  
[fbaba@marmara.edu.tr](mailto:fbaba@marmara.edu.tr)

**Dr. Amit CHAUDHRY**

Dep. of Microelectronics  
Panjab Univ,  
Chandigarh, India  
[amit\\_chaudhry01@yahoo.com](mailto:amit_chaudhry01@yahoo.com)

**Assoc. Prof. Dr. Nazmi EKREN**

Dep. of Elect. & Elcn. Eng.  
Marmara Univ.  
İstanbul, TURKEY  
[nekren@marmara.edu.tr](mailto:nekren@marmara.edu.tr)

**Prof. Dr. Mustafa YAZICI**

Dep. of Physics Education.  
KSU Univ.  
K.Maras. TURKEY  
[yazici@ksu.edu.tr](mailto:yazici@ksu.edu.tr)

**Prof. Dr. Selim AY**

Dep. Of Elect. Eng.  
YTU Univ.  
İstanbul. TURKEY  
[selimay@yildiz.edu.tr](mailto:selimay@yildiz.edu.tr)

**Prof. Dr. Musa GÖĞEBAKAN**

Dep. of Physics  
KSU Univ.  
K.Maraş, TURKEY  
[gogebakan@ksu.edu.tr](mailto:gogebakan@ksu.edu.tr)

**Prof. Dr. Murat PALA**

Dep. of Civil Eng.  
Adiyaman Univ.  
Adiyaman. TURKEY  
[pala@adiyaman.edu.tr](mailto:pala@adiyaman.edu.tr)

**Prof. Dr. İ.Taner OKUMUŞ**

Dep. of Computer Eng  
KSU Univ.  
K.Maraş. TURKEY  
[iokumus@ksu.edu.tr](mailto:iokumus@ksu.edu.tr)



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



### BU SAYIYA (CİLT 25 ÖZEL SAYI) KATKI VEREN HAKEMLER

**Ömer ELİTOK**

**Mustafa Gürhan YALÇIN**

**Hasan Erdem ÇAMURLU**

**Mustafa EKEN**

**Leyla Eren KARAHAN**

**Mevhibe TERKURAN**

**Mehmet Ali ERTÜRK**

**Hatice KARA**

**Muharrem KARASLAN**

**Sabir RÜSTEMLİ**

**Alican KOP**

**Yasemin LEVENTELİ**

**Esin İSPİR**

**Şerife YALÇIN**

**Muhammet Hüseyin ÇETİN**

**Zerrin GÜNKAYA**

**Mehmet DAŞ**

**Yusuf URAS**

**Mehmet ÜNSAL**

**Faruk KÜRKER**

**Muhammet Tahir GÜNEŞER**

**Yunus Levent EKİNCİ**

**Hamdi ALKAN**

**Feyza DİNÇER**

**Aynur KAZAZ**

**Arzu TURAN DİNCEL**



## İÇİNDEKİLER

### ARAŞTIRMA MAKALESİ – RESEARCH ARTICLE

- Yeşilova (Burdur) Ofiyolitinin Kuzeybatısında Yer Alan Ultramafik-Mafik Kayaçların ve İzole Daykların Petrolojisi Ve Jeokimyası  
Petrology and Geochemistry of Ultramafic-Mafic Rocks And Isolated Dikes in the Northwest of Yeşilova (Burdur) Ophiolite 1-18  
Burçin ÇETREZ, Nurdane İLBEYLİ, Alper GÜNEŞ, Mehmet DEMİRBİLEK, Yusuf URAS
- Usage Of The Plastic Wastes as an Aggregate in Cementitious Mixtures  
Çimentolu Karışımlarda Plastik Atıkların Agrega Olarak Kullanımı 19-27  
Nazlı İpek KUL GÜL, Niyazi Uğur KOÇKAL
- Tulum Peynirinden Lactobacillus Plantarum Ve Lactobacillus Paracasei İzolasyonu, Tanımlanması Ve Antibiyotik Dirençlilik Özelliklerinin Belirlenmesi  
Isolation, Identification And Determination Of Antibiotic Resistance Characteristics Of Lactobacillus Plantarum And Lactobacillus Paracasei From Tulum Cheese 28-35  
Gül KÜÇÜKÖNDER, Tuğba KARABEKMEZ ERDEM, Sermet AYMAN, Yekta GEZGİNÇ
- Dadağlı (Kahramanmaraş) Bölgesinde Karbonatlı Kayaçlar İle İlişkili Damar Tipi Pb-Zn Cevherleşmesinin Mikrotermometrik Özellikleri  
Microthermometric Properties Of Carbonate Hosted Vein Type Pb-Zn Mineralization in Dadağlı (Kahramanmaraş) 36-45  
Cihan YALÇIN, Yusuf URAS
- 4 Kişilik Bir Ailenin Elektrik Enerjisi İhtiyacı İçin Şebeke Bağlantılı Güneş Enerjisi Santrali Tasarımı Ve Simülasyonu  
Design And Simulation Of Grid Connected Solar Power Plant For The Electrical Energy Needs of a Family of Four People 46-56  
Zafer Ramazan ŞAHİN, Furkan DİNÇER, Ahmet Serdar YILMAZ
- Aletsel Deprem Kataloğu Verileri İle Bucak (Burdur) Ve Çevresinin Sismik Tehlike Parametrelerinin Tahmini  
Estimating Seismic Hazard Parameters Of Bucak (Burdur) And Its Surroundings Via Instrumental Earthquake Catalog Data 57-72  
Fatih UÇAR
- Investigation Of The Usage Of Hbn In The Workability Of Linear Lowdensity Polyethylene  
Hbn'nin Lineer Düşük Yoğunluklu Polietilenin İşlenebilirliğinde Kullanımının İncelenmesi 73-79  
Gözde Özlem KINOĞLU, Gökhan CEYHAN, Eylem EROL, Ali SAMİL

- Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Kullanılarak Yapısal Bir Uygulama İçin Kompozit Malzeme Önceliklendirilmesi**  
**Prioritization Of Composite For A Structural Implementation Using Multi-Criteria Decision Making Techniques** 80-97  
Mehmet DURMAZ, Özdeş ÇERMİK
- The Effect Of Thermic Power Plant Waste Fly Ash On Properties Of Portland Cement**  
**Termik Santral Atığı Uçucu Külün Portland Çimentosuna Etkisi** 98-105  
Şeyma YÜCETÜRK, Yakup CUCİ
- Fotovoltaik İnverterler İle Reaktif Güç Optimizasyonu**  
**Reactive Power Optimization With Photovoltaic Inverters** 106-112  
Sabri Murat KISAKÜREK, Mustafa ŞEKKELİ
- The Caesarea Germanicia (?) Archaeogeophysical Investigations**  
**Caesarea Germanicia (?) Arkeojeofizik Araştırmaları** 113-121  
Oktay DUMANKAYA, Özcan BEKTAŞ, Sinan KOŞAROĞLU, Aydın BÜYÜKSARAÇ
- Ekinözü (Kahramanmaraş) İlçesinin Ekonomik Gelişimine Jeolojik Özelliklerinin Katkısı**  
**Contribution Of Its Geological Features To The Development Of Ekinözü District** 122-143  
Sait ŞAHİN, Alican KOP, Yusuf URAS
- Sinyalize Bir Kavşakta Performans Analizinin Yapılması Ve Sinyal Planının Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması**  
**Analysing Performance Of A Signalized Intersection And Investigation Of The Effect Of Signal Plan On Exhaust Emissions** 144-150  
Bahadır Ersoy ULUSOY, Sevil KÖFTECİ





# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 22.07.2022  
Kabul Tarihi : 20.10.2022

Received Date : 22.07.2022  
Accepted Date : 20.10.2022

### YEŞİLOVA (BURDUR) OFİYOLİTİNİN KUZEYBATISINDA YER ALAN ULTRAMAFİK-MAFİK KAYAÇLARIN VE İZOLE DAYKLARIN PETROLOJİSİ VE JEOKİMYASI

### PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF ULTRAMAFIC-MAFIC ROCKS AND ISOLATED DIKES IN THE NORTHWEST OF YEŞİLOVA (BURDUR) OPHIOLITE

Burçin ÇETREZ<sup>1</sup> (ORCID: 0000 0001-6494-6709)  
Nurdane İLBEYLİ<sup>1\*</sup> (ORCID: 0000-0002-0557-8771)  
Alper GÜNEŞ<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-6711-266X)  
Mehmet DEMİRBİLEK<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0003-2749-5560)  
Yusuf URAS<sup>3</sup> (ORCID: 0000-0001-5561-3275)

<sup>1</sup> Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

<sup>2</sup> Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye

<sup>3</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Nurdane İLBEYLİ, ilbeyli@akdeniz.edu.tr

#### ÖZET

Toros kuşağında Likya napları içerisinde yer alan Yeşilova (Burdur) Ofiyoliti ultramafik tektonitler, ultramafik-mafik kümülatlar, izotropik gabrolar, plajiyogranitler ve bazaltlardan oluşmaktadır. Bu çalışma, Yeşilova Ofiyolitinin, Salda, Düden ve Doğanbaba (KB Yeşilova, Burdur) mevkilerinde yüzeyleyen, ultramafik-mafik kayaçları (ana kayaçlar) ve bu kayaçları kesen izole dayklar ile ilgilidir. Bu çalışmada, kayaçların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan petrografik incelemeler sonucunda ana kayaçlar serpantin ve gabro, izole dayklar ise diyabaz bileşimine sahiptir. Ana kayaçlarda ve izole dayklarda serpantinleşme, uralitleşme, kloritleşme, sossoritleşme, epidotlaşma ve serisitleşme gibi alterasyon türleri gözlenmiştir. Ana kayaçlarda elek/ağ dokusu, izole dayklarda ise ofitik/subofitik ve intersertal dokular gözlemlenmiştir. Ti/Y-Nb/Y diyagramına göre Yeşilova örnekleri toleyitik ve alkalin özelliktedir. Örümcek diyagramlarında, ana kayaçlar ve izole dayklarda LIL (ör: Rb, Ba, K, Sr, Eu) elementlerinde zenginleşme ve HFS elementlerinde (ör: Ta, Nb) ise tüketilme gözlenmektedir. Kondrit-normalize REE diyagramlarına göre ana kayaçlarda ve izole dayklarda LRE elementlerinde tüketilme ve HRE elementlerinde ise yataya yakın bir dağılıma sahip olup; N-MORB trendine benzerlik göstermektedir. Jeokimyasal değerlendirmeler sonucunda ise inceleme konusu olan kayaçlar için dalma-batma zonundaki (SSZ) yay ile ilişkili bir magmadan türediği söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Yeşilova ofiyoliti, izole dayk, diyabaz, toleyit, SSZ

#### ABSTRACT

Yeşilova (Burdur) Ophiolite, located within Lycian nappes in Tauride belt, consists of ultramafic tectonites, ultramafic-mafic cumulates, isotropic gabbros, plagiogranites and basalts. This study is about ultramafic-mafic rocks (host) and isolated dikes of the Yeşilova Ophiolite cropping out Salda, Düden and Doğanbaba (NW Yeşilova, Burdur) locations. In this research, petrographic, geochemical and petrogenetic features of these rocks were tried to be determined. On the basis of petrographic analyses, the host rocks are gabbro and serpentinite, and isolated dikes are

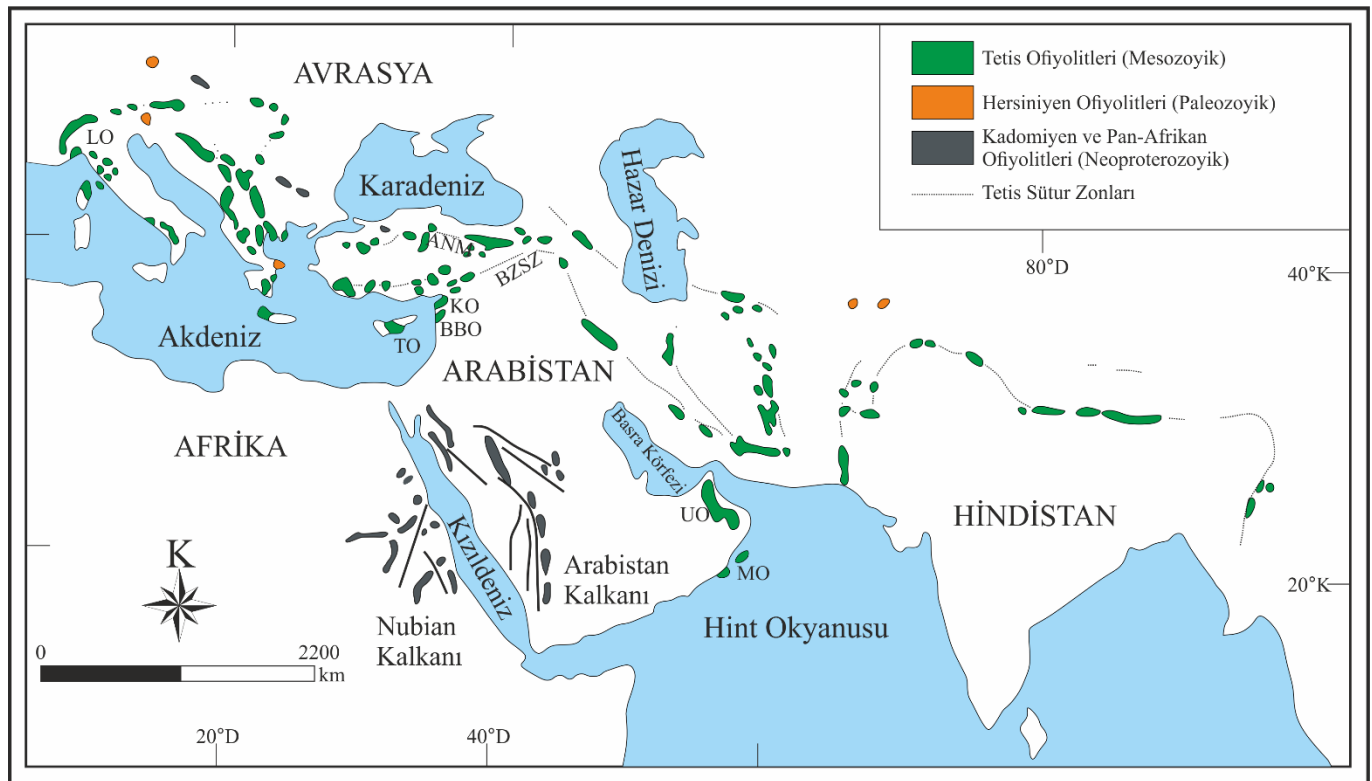
ToCite: ÇETREZ B., İLBEYLİ, N., GÜNEŞ, A., DEMİRBİLEK, M., URAS, Y., (2022). YEŞİLOVAL (BURDUR) OFİYOLİTİNİN KUZEYBATISINDA YER ALAN ULTRAMAFİK-MAFİK KAYAÇLARIN VE İZOLE DAYKLARIN PETROLOJİSİ VE JEOKİMYASI. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Özel Sayı), 1-18.

diabase. Serpentinization, uralitization, chloritization, saussarization, epidotization and sericitization are found as alteration types in the host rocks and dikes. Sieve/mesh texture was described in the host rocks, whereas ophitic/subophitic and intersertal textures were determined in the dikes. According to the Ti/Y-Nb/Y diagram, the Yeşilova samples are tholeiitic and alkaline. In the spider diagrams, the host rocks and isolated dikes show enrichment in LILEs (Rb, Ba, K, Sr, Eu) and depletion in HFSEs (Ta, Nb). In the chondrite-normalized REE diagrams, LREEs are depleted in the host rocks and isolated dikes, and HREEs have a nearly horizontal distribution; being similar to the N-MORB trend. As a result of geochemical data, the rocks could be derived from an arc-related magma in the supra-subduction zone (SSZ).

**Keywords:** Yeşilova ophiolite, isolated dike, diabase, tholeiite, SSZ

## GİRİŞ

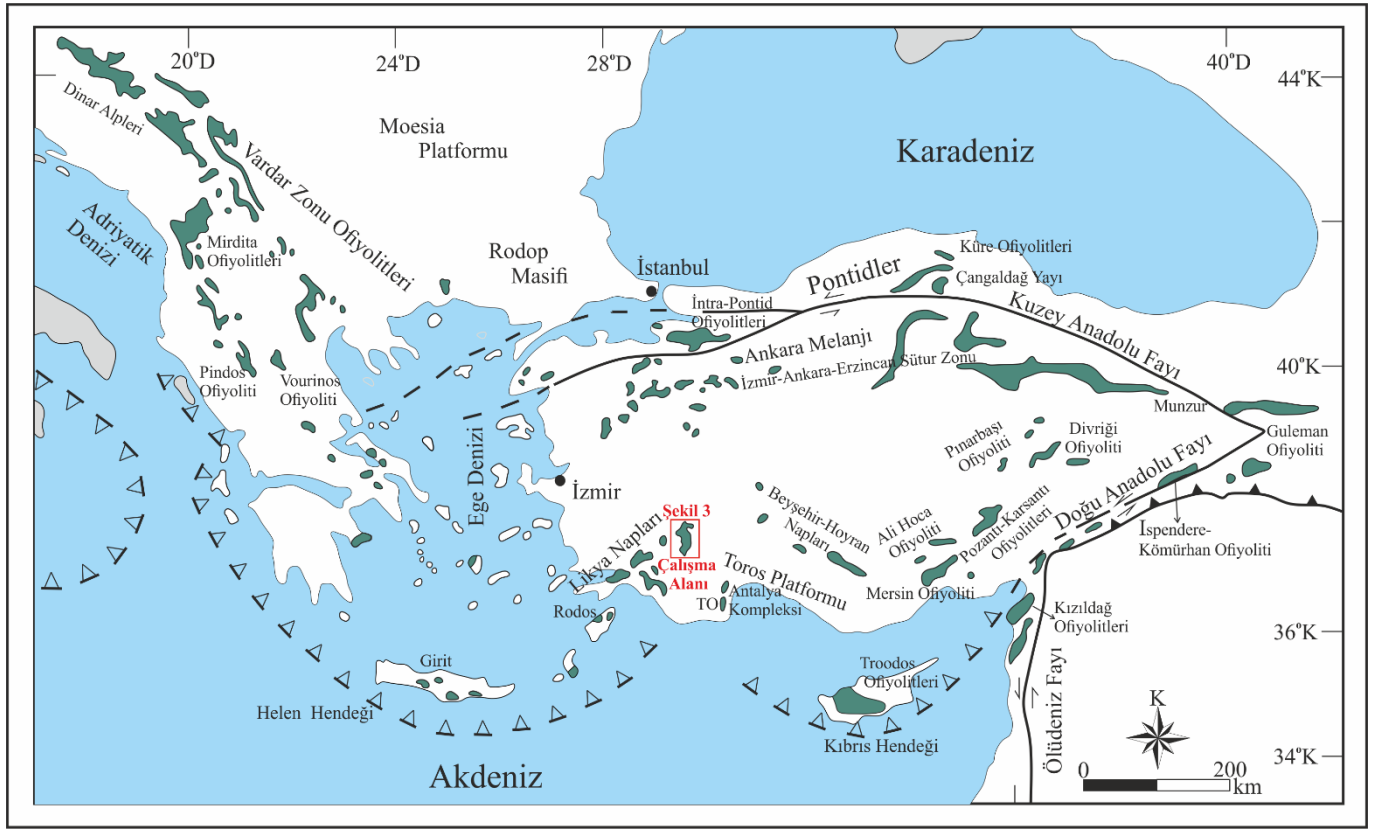
Alp-Himalaya orojenik kuşağı içerisinde, Anadolu levhasında bulunan ofiyolitler, Geç Kretase'de Avrasya ve Arap levhaları arasındaki Neotetis okyanusunun kapanmasıyla oluşmuşlardır (Şengör & Yılmaz, 1981) (Şekil 1). Anadolu levhasındaki ofiyolitik kayaçların, genellikle, dalma-batma zonunda olduğu kabul edilmektedir (Pearce, Lippard, & Roberts, 1984; Parlak, Delaloye, & Bingöl, 1995; Parlak & Delaloye, 1996; Beyarslan & Bingöl, 2000; Parlak, 2000; Parlak, Höck, & Delaloye, 2002; Robertson, 2002, 2004; Çelik & Delaloye, 2003; Parlak, Höck, Kozlu, & Delaloye, 2004; Parlak, Yılmaz, & Boztuğ, 2006).



**Şekil 1.** Alp-Himalaya Orojenik Kuşağı Ofiyolitleri (Moores, Kellogg, & Dilek, 2000'den değiştirilerek alınmıştır) (Kısaltmalar: ANM: Ankara Melanjı; BZSZ: Bitlis-Zagros Suture Zonu; BBO: Baer-Bassit Ofiyoliti; KO: Kızıldağ Ofiyoliti; LO: Ligurian Ofiyoliti; MO: Masirah Ofiyoliti; TO: Troodos Ofiyoliti; UO: Umman Ofiyoliti)

Anadolu levhasının güneyinde bulunan ofiyolitik kayaçlar, Bitlis-Zagros suture zonu ile Toros ofiyolitik kuşağı arasında yer almaktadır (Şekil 2). Toros ofiyolitik kuşağı, Neotetis'in güney kolunun deforme olmamış okyanusal litosferik kalıntıları olarak tanımlanmaktadır (Parlak et al., 2006). Toros platformunun kuzeyinde ise Toros ofiyolitlerine ait parçalanmış ofiyolitik birimler de bulunmaktadır (Parlak, 2016). Bu ofiyolitler batıda Likya napları ile başlayıp; Tekirova, Beyşehir-Hoyran, Mersin, Alihoca, Pozantı-Karsantı, Pınarbaşı ve doğuda ise Divriği ofiyolitleri ile son bulmaktadır (Juteau, 1980; Parlak, 2016) (Şekil 2).

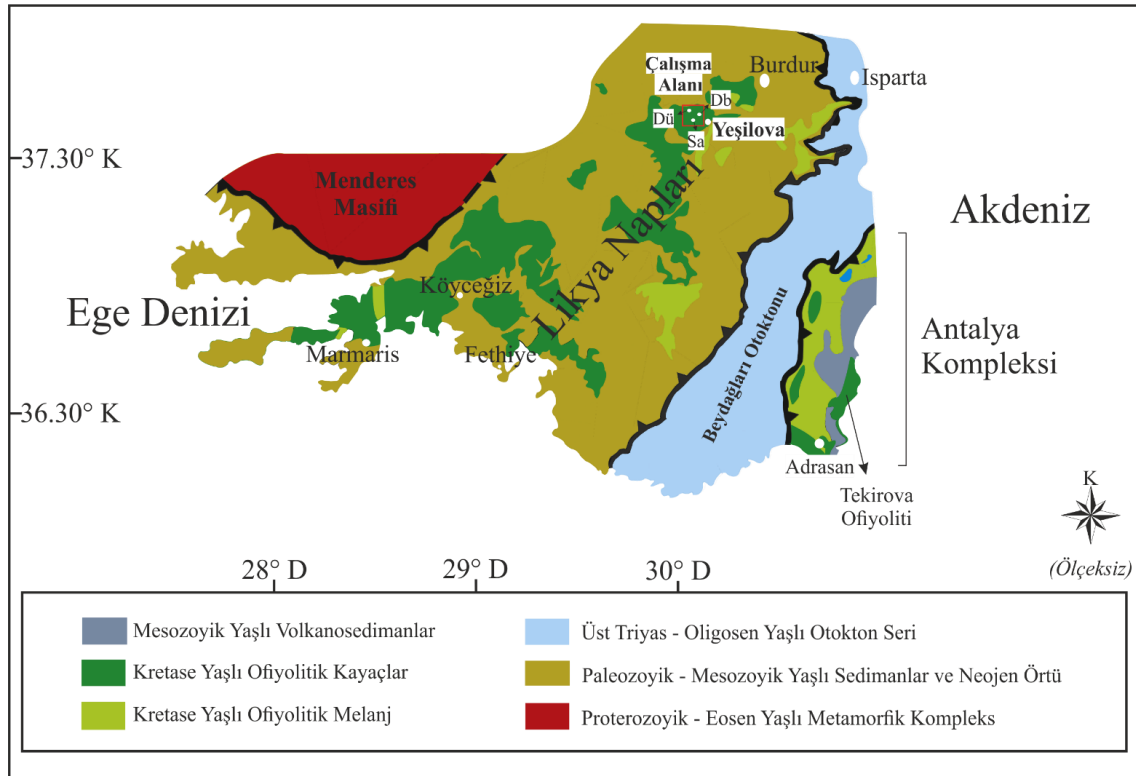
Toros ofiyolit kuşağının en karakteristik özelliği ultramafik kayaların, izole mafik dayklar tarafından kesilmesidir (Parlak & Delaloye, 1996; Dilek, Thy, Hacker, & Grundvig, 1999; Çelik & Delaloye, 2003; Çelik, 2007, 2008; Çelik & Chiaradia, 2008; Bağcı & Parlak, 2009; Robertson et al., 2013; Parlak, 2016; Kavak, Parlak, & Temiz, 2017; Güneş, İlbeyli, Rasimgil, & Demirbilek, 2021).



**Şekil 2.** Anadolu Levhası ve Çevresinde Neotetis Ofiyolitlerinin Dağılımı (Robertson, 2002; Dilek & Flower, 2003) (Kısaltma: TO: Tekirova Ofiyoliti)

Çalışma alanı Güneybatı Anadolu'da, Batı Toros ofiyolit kuşağında yer almakta olup; bu alan içerisinde üç ana yapı ayırt edilmiştir (Ersoy, 1990): Triyas-Pliyosen yaşlı Beydağları otoktonu, Maestrihtiyen-Daniyen'de yerleşmiş Antalya napları ve Langiyen yaşlı Teke (Likya) napları (Şekil 3).

Likya napları içerisinde yer alan Yeşilova Ofiyoliti (Şekil 3) inceleme alanı olarak seçilmiş olup, bu ofiyolit; tektonitler, ultramafik-mafik kümülatlar, izotropik gabrolar, plajiyogranitler ve bazaltlardan oluşmaktadır (Karaman, 1987).



Şekil 3. Likya Naplarının Basitleştirilmiş Jeoloji Haritası (Ersoy, 1990'dan değiştirilerek alınmıştır) (Kısaltmalar: Db: Doğanbaba; Dü: Düden; Sa: Salda)

Bu çalışma ile Yeşilova Ofiyolitine ait ultramafik-mafik kayaçlar ve bu kayaçları kesen izole daykların petrolojik, jeokimyasal ve petrojenetik özellikleri ortaya konulmaya çalışılarak; bölgenin Kretase dönemine ait jeodinamik evrimi hakkında ayrıntılı bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Jeokimyasal çalışmalara ait örnekler ayrışmamış (taze) olanlardan seçilmiştir. Yeşilova ofiyolitik kayaçlarının jeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla 15 (on beş) adet örneğin ana (major), iz ve nadir toprak element (REE) analizleri, Bureau Veritas Mineral laboratuvarlarında (Kanada) yaptırılmıştır. Bu laboratuvarlarda, ana oksit elementleri, XRF (X- ışını floresansı) tekniği ile tespit edilmiş, iz element ve nadir toprak elementlerinin analizleri ise 0.200 gr toz örnek LiBO<sub>2</sub> ile ergitilmiş ve sonra çözündürülerek ICP-MS (Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) yöntemi ile analizleri yapılmıştır. Ateşte kayıp değerleri (A.S.K) örneklerin 1000°C' de eritilişi ile elde edilmiştir.

## BULGULAR

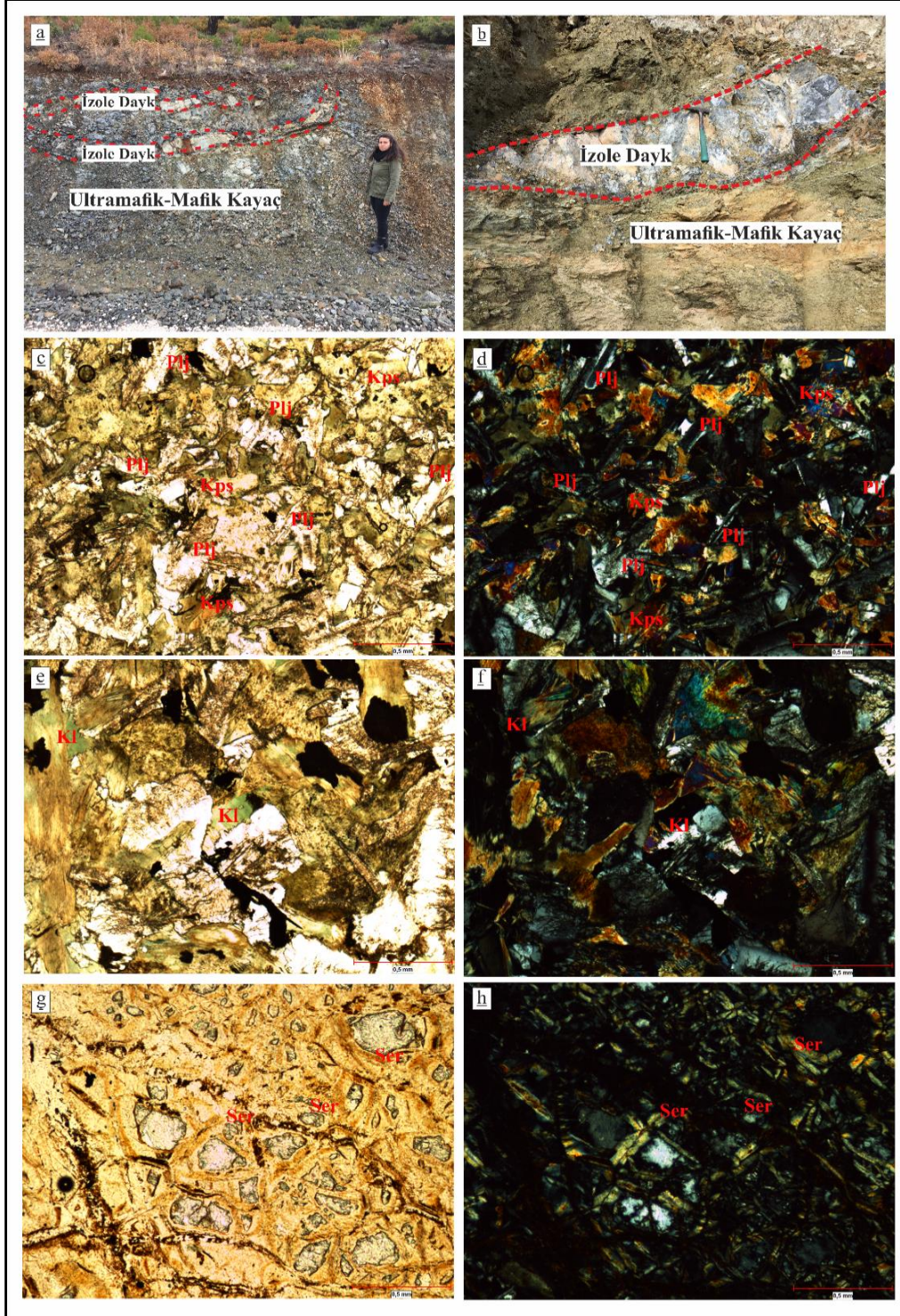
### Arazi Özellikleri ve Petrografi

Arazi çalışmalarında gözlenen en yaygın birimler siyahımsı-koyu yeşil renkli serpantinleşmiş ultramafik kayaçlar ve daha az oranda ise yer yer serpantinleşmiş koyu yeşil-yeşil renkli mafik (gabro) kayaçlardır. Bu kayaçları kesen genelde grimsi renkli ince-orta taneli izole dayklar (Şekil 4a, b) gözlemlenmiştir. Arazide yer yer koyu renkli, ince taneli soğuma kenarlarına da rast gelinmiştir.

Serpantinlerde ağ dokusu ve gabrolarda ise taneli ve ofitik/subofitik doku gözlenmiştir. Serpantinler, relik olivin, klinopiroksen ve opak minerallerden oluşmaktadır. Gabrolar ise plajiyoklaz, klinopiroksen ve opak mineraller, daha az oranda ise olivin içermektedir.

Diyabaz bileşimli dayklarda ofitik/subofitik (Şekil 4c, d) ve intersertal dokular gözlenmiştir. Dayklar, plajiyoklaz, klinopiroksen; daha az miktarda olivin, titanit ve opak mineralleri içermektedir. Bu kayaçlarda uralitleşme, serisitleşme, serpantinleşme ve kloritleşme yaygın olarak gözlenen alterasyonlardır.

Tüm bu kayaç türlerinde gözlenen klinopiroksenler, yarı öz şekilli-özşekilsiz olup; genellikle uralitleşmeye, kloritleşmeye (Şekil 4e, f) ve yer yer serpantinleşmeye maruz kalmışlardır. Plajiyoklazlar, prizmatik-yarı prizmatik ve yarı özşekilli-öz şekilli olup; bazı örneklerde zonlanma gözlenmiştir. Plajiyoklazlarda serisitileşme (Şekil 4g, h), epidotlaşma ve sossoritileşme yaygın olarak görülmektedir. Olivinler ise öz şekilsiz, genelde relikler halinde olup; serpantinleşme ve iddingsitleşme yaygındır.

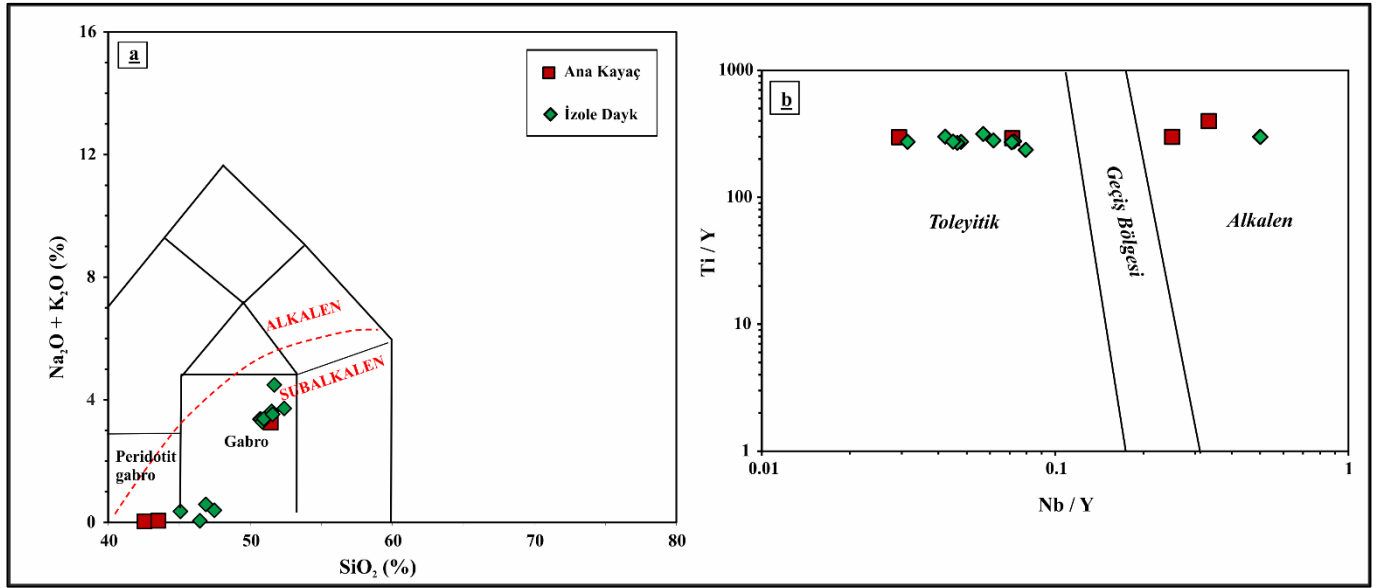


**Şekil 4.** a, b. Yeşilova Ofiyolitinde Ana Kayaçları Kesen İzole Dayklar. Dayklarda Gözlenen Ofitik/Subofitik Doku c. Tek Nikol (4x; Örnek No: L9-2) d. Çift Nikol (4x; Örnek No: L9-2). Dayklarda Yer Alan Klinopiroksenlerde Gözlenen Kloritleşme e. Tek Nikol (4x; Örnek No: L9-1) f. Çift Nikol (4x; Örnek No: L9-1). Dayklarda Yer Alan Plajiyoklazlarda Gözlenen Serisitileşme g. Tek Nikol (10x; Örnek No: L11-3) h. Çift Nikol (10x; Örnek No: L9-1)

## PETROJENEZ

Yeşilova ofiyolitinde yeralan ultramafik-mafik kayaçlar (ana) ve bu kayaçları kesen izole daykların jeokimyasal analiz verileri Tablo 1 ve 2’de verilmiş olup; ateşte su kaybı değerleri ana kayaçlarda % ağırlık 1.71-8.93, izole dayklarda ise % 1.60-12.03 arasında değişmektedir.

Toplam alkali-silis diyagramında (Middlemost, 1994) (Şekil 5a), ana kayaç ve dayk örneklerinin subalkalen bölgeye düştüğü görülmektedir. Şekil 5a’da, ana kayaçlar peridotit gabro ve gabro; dayklar ise gabro alanında yer almakta olup; bu sonuçlar petrografik incelemeler ile de uyumludur. Ti/Y - Nb/Y diyagramına (Pearce, 1982) (Şekil 5b) göre, ana kayaç ve daykların genellikle toleyitik ve alkalen alanlarda yer aldığı gözlenmiştir.

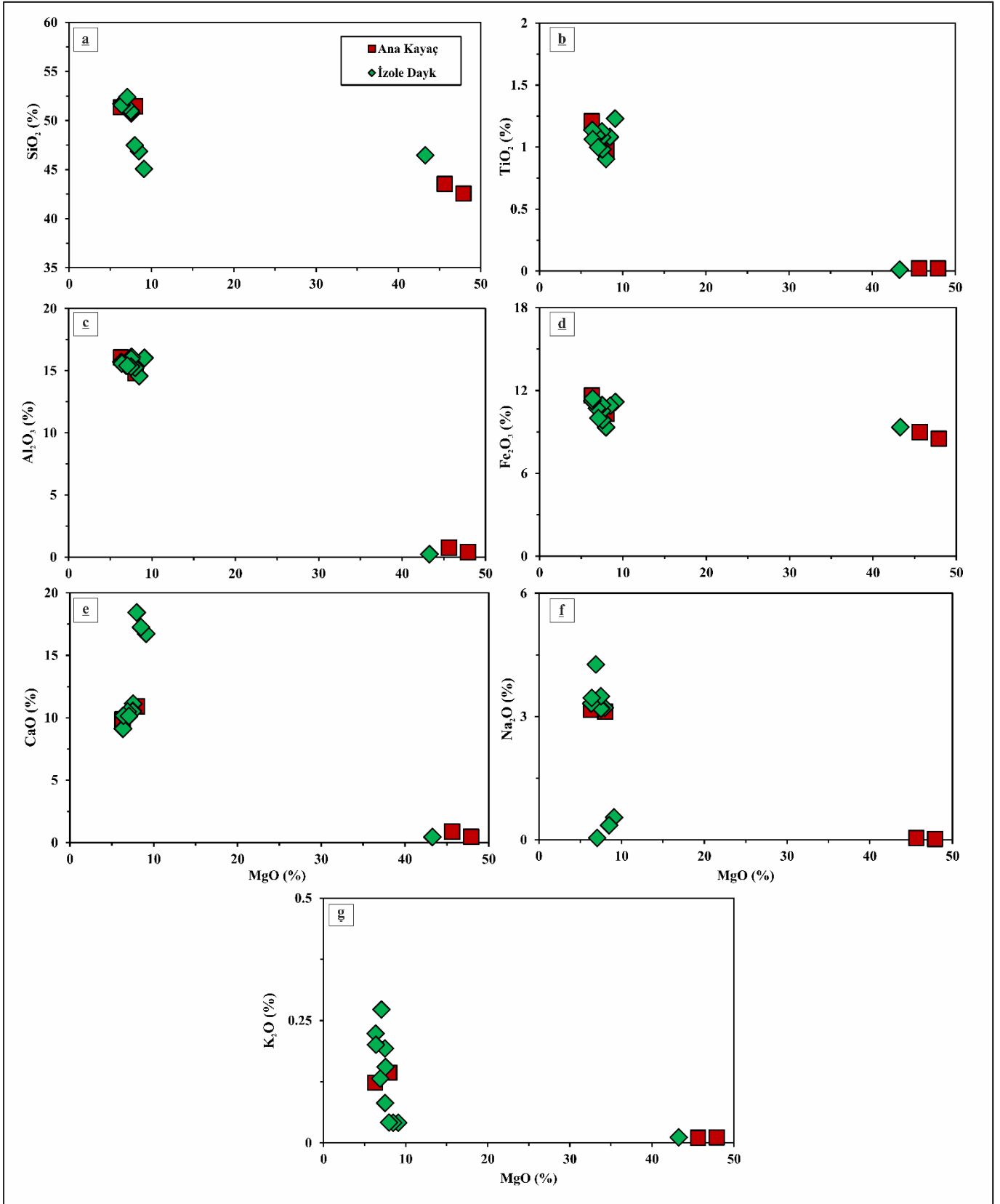


**Şekil 5. a.** Yeşilova Ofiyoliti Örnekleri için Toplam Alkali-Silika Diyagramı (Middlemost, 1994; Irvine & Baragar, 1971) **b.** Ti/Y - Nb/Y diyagramı (Pearce, 1982)

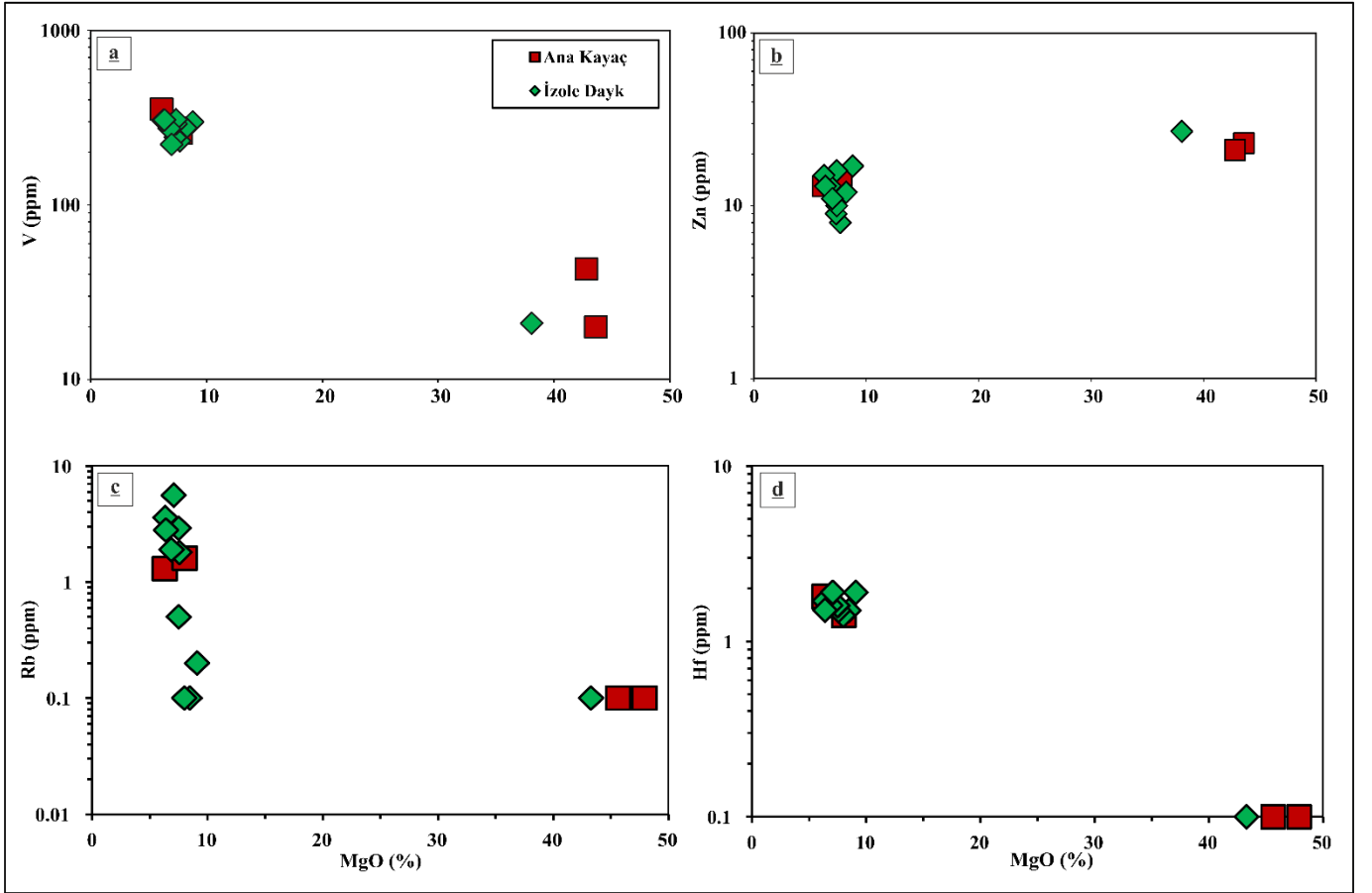
Harker diyagramlarında ultramafik-mafik kayaçlar için MgO’ye karşı elde edilen negatif ve pozitif anomaliler, magmadaki fraksiyonel kristallenmenin belirlenmesinde önem taşımaktadır. MgO artışına göre Harker diyagramlarında ana kayaç ve izole dayk örnekleri Şekil 5b’de olduğu gibi iki farklı alanda (toleyitik, alkalen) yer almaktadır. Toleyitik alanda yer alan örnekler düşük MgO değerine, alkalen örnekler ise toleyitlere göre daha yüksek MgO değerine sahiptir.

Harker diyagramlarında, toleyitik ana kayaç örneklerinde SiO<sub>2</sub>, CaO ve K<sub>2</sub>O gibi major oksitlerde (Şekil 6a, e, g) pozitif; TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O (Şekil 6b, c, d, e, f) gibi oksitlerde ise negatif trend gözlenmektedir. Alkalen ana kayaç örneklerinde tüm major oksitlerde MgO artışına göre negatif trend gözlenmiştir (Şekil 6a-g). İzole dayk örneklerinde ise MgO artışına göre major oksitlerde negatif trend gözlenmiştir (Şekil 6a-g).

Harker iz element diyagramlarında ise MgO artışına göre hem toleyitik hem de alkalen ana kayaç örneklerinde V ve Hf’de negatif (Şekil 7a, c), Zn ve Rb gibi iz elementlerde (Şekil 7b, d) pozitif trend gözlenmiştir. İzole dayk örneklerinde ise V, Zn, Rb, Hf gibi iz elementlerde MgO artışına göre (Şekil 7a-d) negatif trend gözlenmiştir (Çetrez, 2022). Bu sonuçlar plajiyoklaz mineralinin fraksiyonlaşması, klinopiroksen ve Fe-Ti oksitlerin kristallenmesi olarak yorumlanabilir.



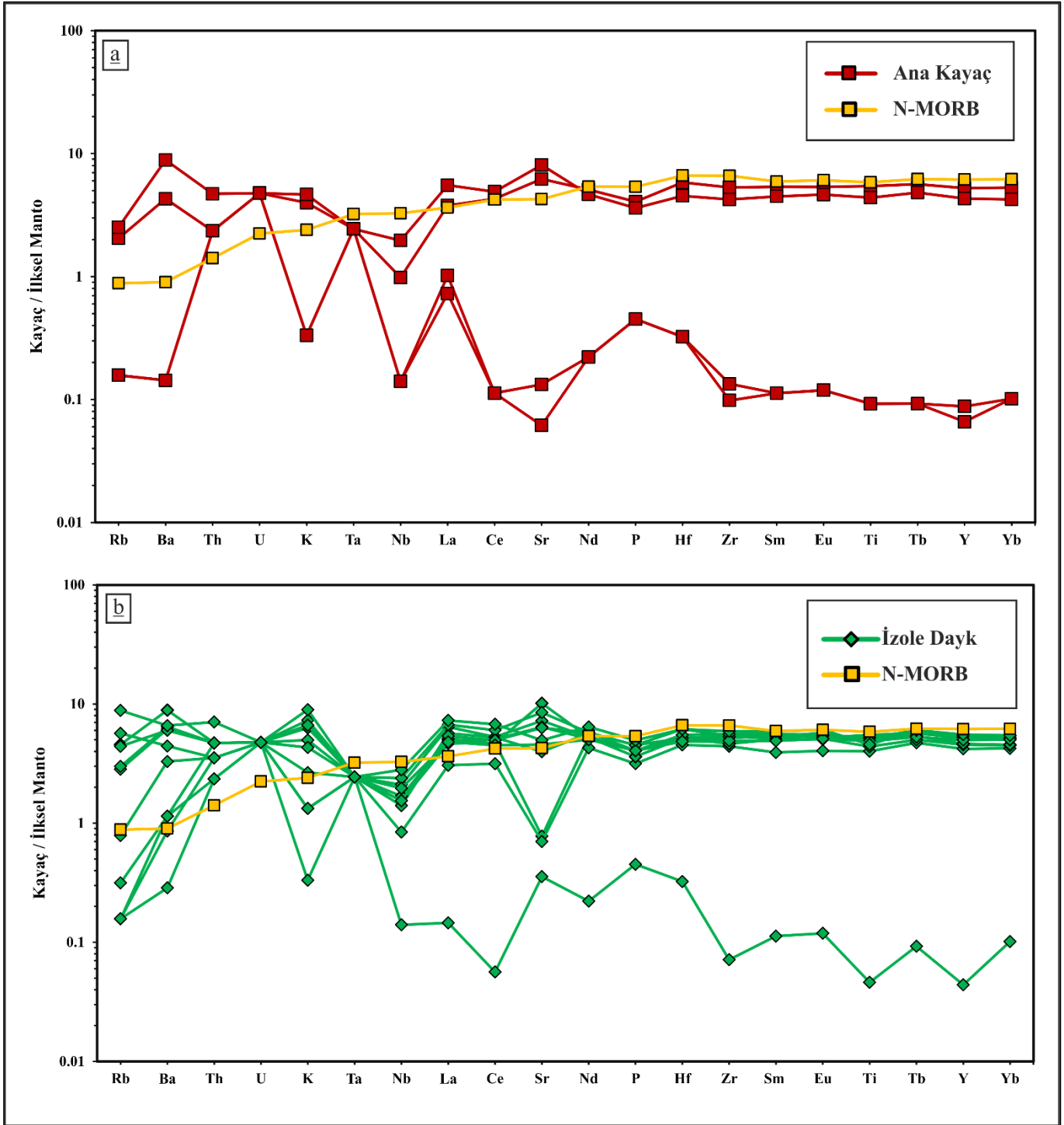
Şekil 6. Yeşilova Ofiyolitinde Bulunan Kayaçların Major Oksit (MgO, % ağırlık) Harker Diyagramları



Şekil 7. Yeşilova Ofiyolitinde Bulunan Kayaçların İz Element (ppm) - MgO (% ağırlık) Harker Diyagramları

Hem toleyitik ve hem de alkalin bileşimli ana kayaçlarda ve izole dayklarda LIL elementlerinde (Rb, Ba, K, Sr, Eu) zenginleşme ve HFS elementlerinde (Ta, Nb) ise tüketilme gözlenmiştir (Şekil 8a, b).

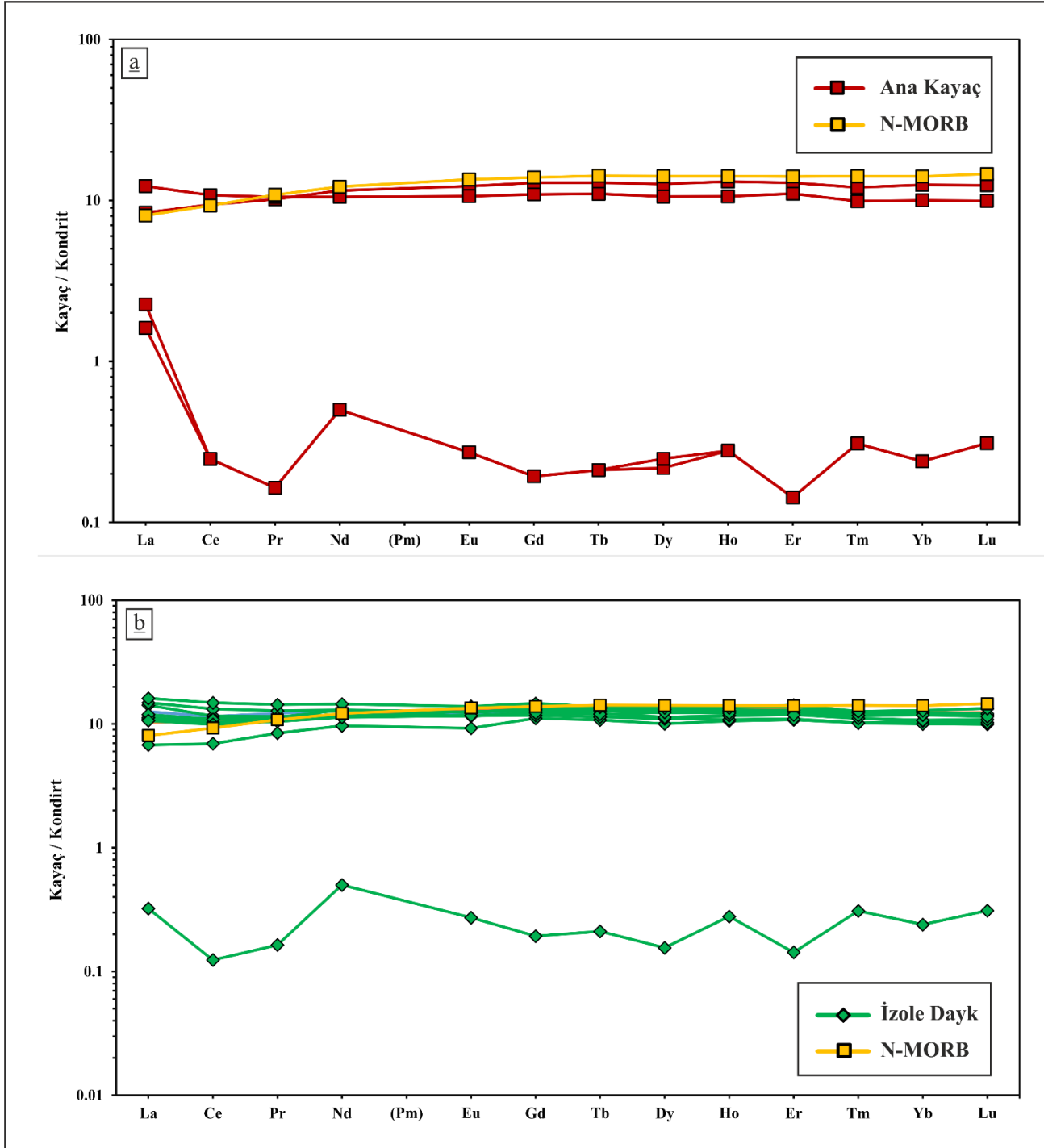




Şekil 8. İlk Manto'ya göre Normalize Edilen Örümcek Diyagramları (Sun & MacDonough, 1989) a. Ana Kayaçlar b. İzole Dayklar (Kısaltma: N-MORB: Normal Okyanus Ortası Sirt Bazaltları)

Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak elementleri diyagramlarında (Boynton, 1984) (Şekil 9), toleyitik bileşimli ana kayaçlarda N-MORB trendi ile benzerlik gösterirken; alkalen bileşimli ana kayaçlarda ise LRE elementlerinde tüketilme ve HRE elementlerinde yataya yakın bir trend gözlenmiştir (Şekil 9a).

Toleyitik bileşimli izole dayklarda LRE elementlerinde tüketilme ve HRE elementlerinde yataya yakın ve N-MORB trendi ile benzer bir dağılım gözlenmiştir (Şekil 9b). Alkalen bileşimli izole dayk örneğinde ise LRE elementlerinde az oranda tüketilme gözlenirken; HRE elementlerinde ise yataya yakın bir trend gözlenmiştir (Şekil 9b).

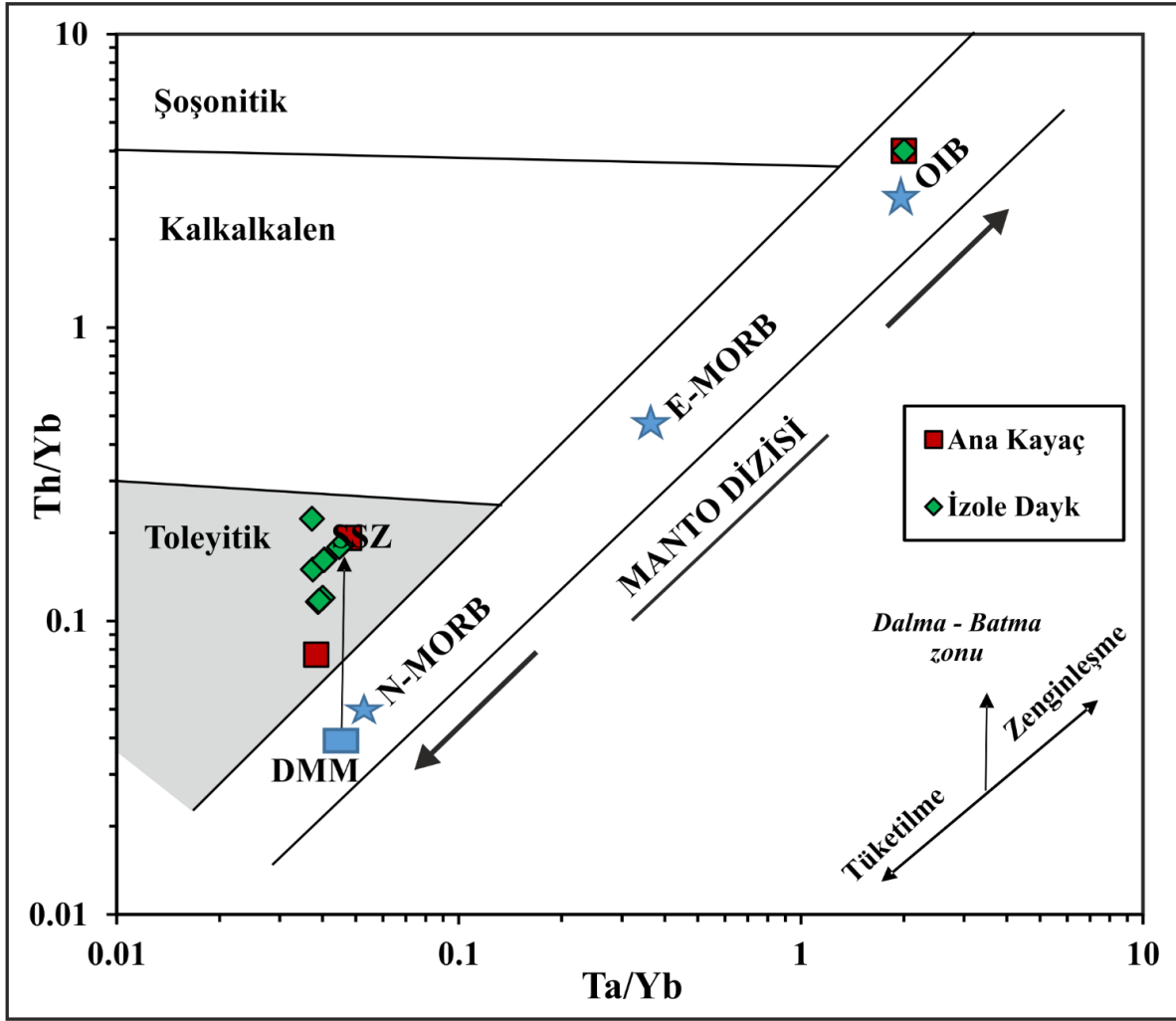


**Şekil 9.** Çalışma Alanında Yer Alan Kayaçların Normalize-Nadir Toprak Element Diyagramları (Boynton, 1984) **a.** Ana Kayaçlar **b.** İzole Dayklar (Kısaltma: N-MORB: Normal Okyanus Ortası Sırt Bazaltları)

Pearce (1982) volkanik kayaçların petrojenetik yorumlamalarında immobil elementler olan HFS elementlerini (ör: Ta, Yb) kullanmıştır. Şekil 6-9'da gözlenen Yeşilova ofiyolitik kayaçlardaki toleyitik ve alkalin bileşimsel farklılık Şekil 10'da da gözlemlenmiştir.

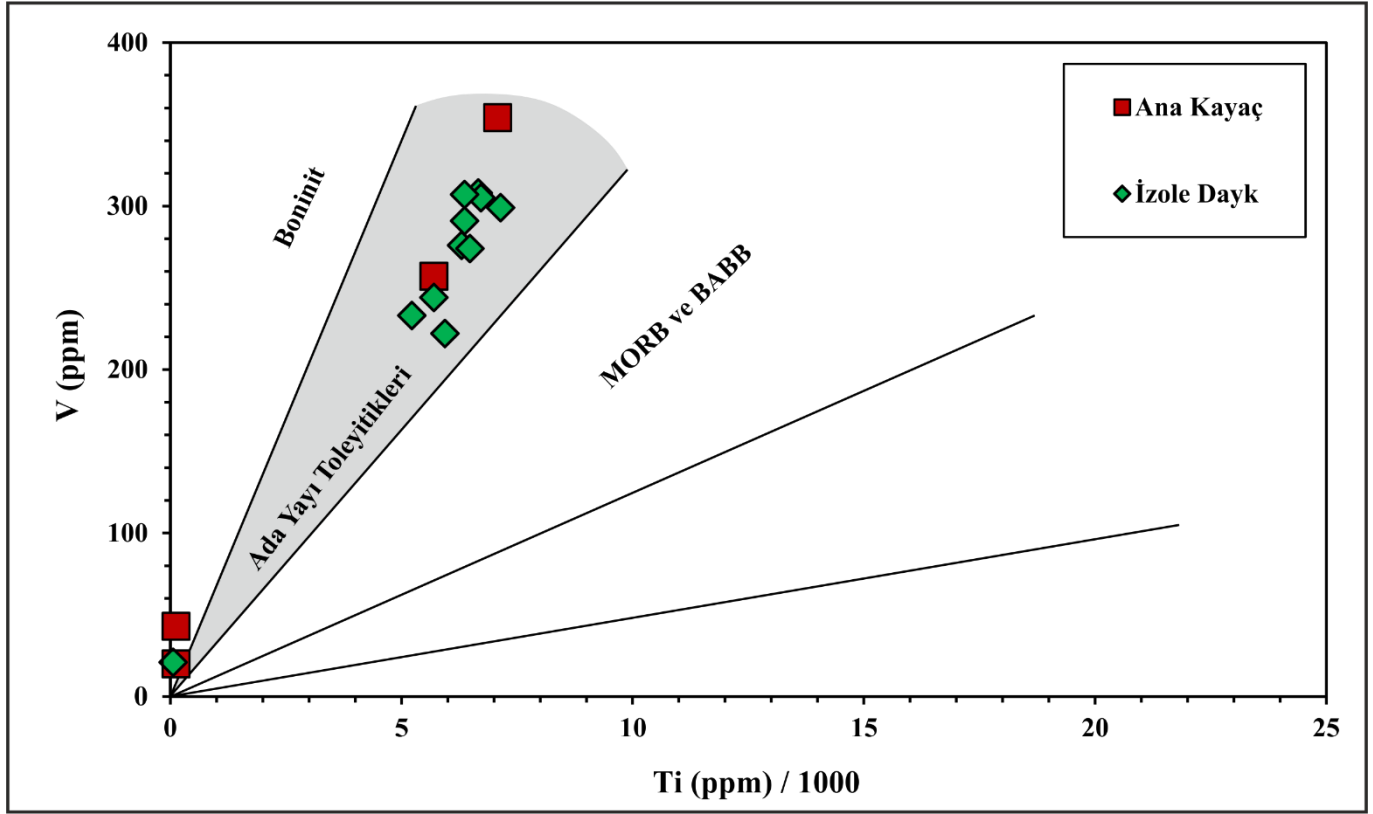
Th/Yb ve Ta/Yb diyagramında (Pearce, 1982) (Şekil 10), örneklerde genellikle Ta/Yb'a göre Th/Yb oranlarında bir artış gözlenmektedir. Th/Yb oranlarının yüksek olması kaynak bölgesinin dalma-batma zonu bileşenlerince zenginleşmiş olduğunu göstermektedir (Pearce, 1982). 3 (üç) adet Yeşilova kayacı, diğer örneklerden farklı olarak manto dizisi içerisinde, okyanusal ada bazaltlarına (OIB) yakın alana düşmüşlerdir (Şekil 10).

Böylece, bu şekil ile birlikte, alkalen Yeşilova ofiyolitik kayaçlarının, toleyitliklere nazaran, zenginleşmiş manto kaynağından oluştuğu yorumlanabilir.



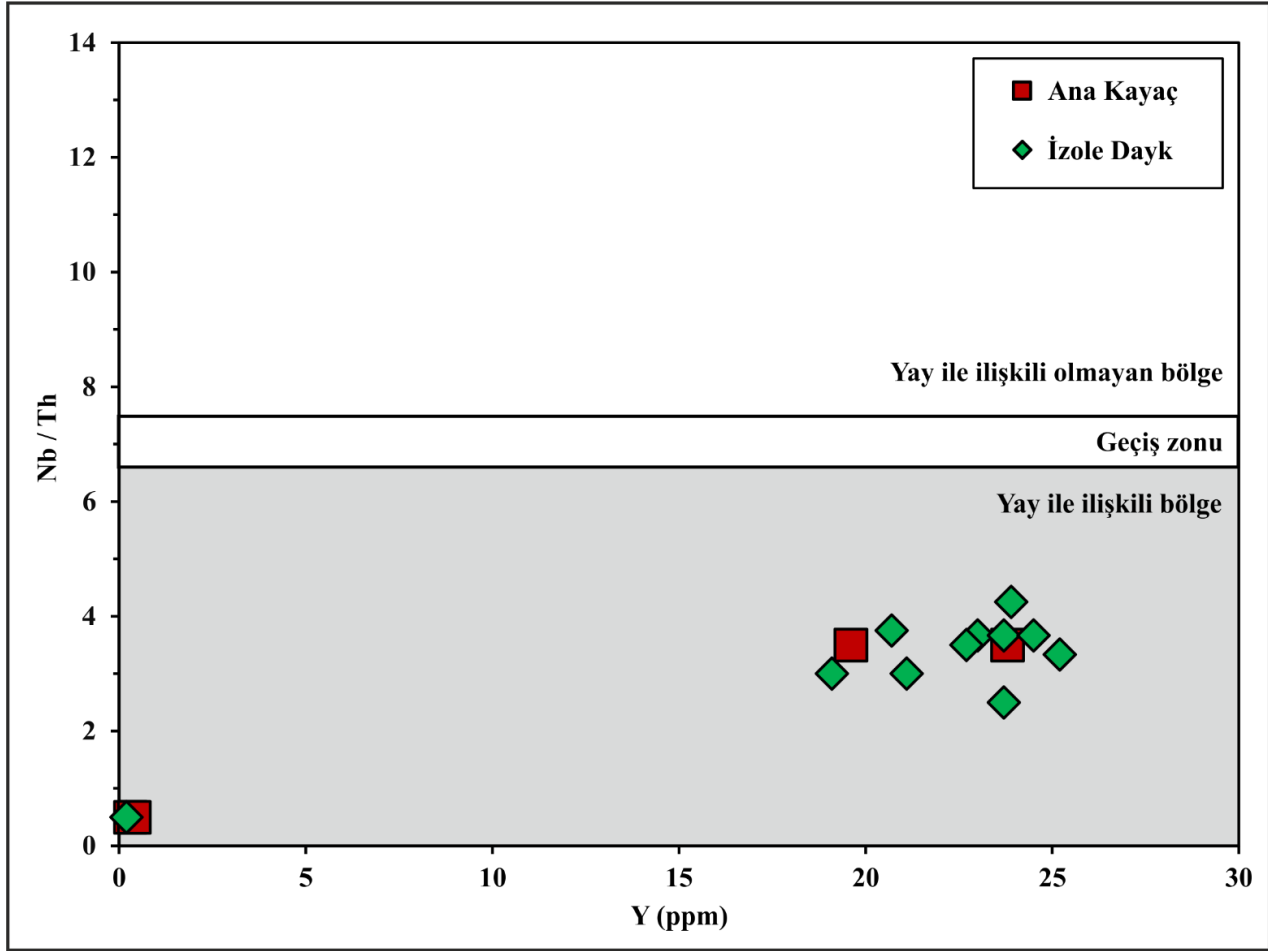
**Şekil 10.** Yeşilova Ofiyolitik Kayaç Örnekleri için Th/Yb - Ta/Yb Diyagramı (Pearce, 1982) (Kısaltmalar: DMM: Tüketilmiş MORB Manto; E-MORB: Zenginleşmiş Okyanus Ortası Sırt Bazaltları; OIB: Okyanus Ada Bazaltları; SSZ: Dalma-Batma Zonu)

V - Ti (ppm) /1000 diyagramında (Pearce, 2014; Shervais et al., 2021; Shervais, 2022) (Şekil 11) toleyitik Yeşilova örnekleri ada yayı toleyitikleri alanında; alkalen örnekler ise boninitik alanda yer almaktadırlar.



Şekil 11. Yeşilova Ofiyolitik Kayaç Örnekleri için V (ppm)-Ti (ppm)/1000 Diyagramı (Pearce, 2014; Shervais et al., 2021; Shervais, 2022)

Nb/Th - Y diyagramında (Jenner, Dunning, Malpas, Brown, & Brace, 1991) (Şekil 12) ise hem ana kayaçlar hem de izole dayklar yay ile ilişkili alana düşmekte olup; diğer jeokimyasal veriler ile birlikte (Şekil 8, 10, 11) bu kayaçların yitim zonunda oluştuğunu desteklemektedir.



Şekil 12. Yeşilova Ofiyolitik Kayaç Örnekleri için Nb/Th - Y (ppm) Diyagramı (Jenner et al., 1991)

## SONUÇLAR

Çalışma alanı Yeşilova Ofiyolitinin kuzeybatı bölümünde yer almakta olup; bu incelemede ultramafik-mafik kayalar ve bunları kesen izole daykların petrolojik, jeokimyasal ve petrojenetik özellikleri incelenmiştir. Ultramafik-mafik kayalar serpantinit ve gabro, izole dayklar ise diyabaz bileşimlidir. Çoklu iz element diyagramlarında hem ana kayalarda hem de izole dayklarda Rb, Ba, K, Sr, Eu gibi büyük iyon yarıçaplı litofil (LIL) elementlerde zenginleşme ve Ta, Nb gibi Yüksek çekim alanlı (HFS) elementlerde ise tüketilme gözlenmiştir. Jeokimyasal veriler ışığında, Yeşilova ofiyolitik örnekleri toleyitik ve alkalin özelliklere sahip olup; ana kayalar ve daykların yitim zonunda yay ile ilişkili bir ortamda oluştuğu yorumlanabilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından FYL-2019-4877 nolu proje ile desteklenmiştir.

**Tablo 1.** Ultramafik-Mafik Kayaçların Major Oksit (%), İz ve Nadir Toprak Element (ppm) Değerleri (A.S.K.: Ateşte Su Kaybı) (Çetrez, 2022)

	<b>L4-1</b>	<b>L3-1</b>	<b>L16-2</b>	<b>L1-2</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	38,73	40,85	50,12	50,22
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,02	0,02	1,18	0,95
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,37	0,72	15,68	14,46
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	7,74	8,44	11,36	10,06
<b>MnO</b>	0,10	0,12	0,18	0,17
<b>MgO</b>	43,59	42,81	6,13	7,83
<b>CaO</b>	0,42	0,82	9,63	10,67
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,02	0,04	3,09	3,04
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,01	0,01	0,12	0,14
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,01	0,01	0,09	0,08
<b>A.S.K</b>	8,93	6,28	1,71	3,19
<b>Toplam</b>	99,92	100,10	99,29	100,81
<b>V</b>	20	43	354	257
<b>Co</b>	108,8	107,3	38,6	34,3
<b>Ni</b>	2329	2188,3	15,8	14,1
<b>Cu</b>	4,6	15,6	32,9	56,6
<b>Zn</b>	23	21	13	14
<b>Ga</b>	0,5	0,5	15,3	11,3
<b>Rb</b>	0,1	0,1	1,3	1,6
<b>Sr</b>	1,3	2,8	131	170,5
<b>Y</b>	0,3	0,4	23,8	19,6
<b>Zr</b>	1,5	1,1	59,5	47,4
<b>Nb</b>	0,1	0,1	0,7	1,4
<b>Ba</b>	1	1	30	62
<b>La</b>	0,70	0,50	2,60	3,80
<b>Ce</b>	0,20	0,20	7,60	8,70
<b>Pr</b>	0,02	0,02	1,24	1,28
<b>Nd</b>	0,30	0,30	6,90	6,30
<b>Sm</b>	0,05	0,05	2,38	1,99
<b>Eu</b>	0,02	0,02	0,90	0,78
<b>Gd</b>	0,05	0,05	3,33	2,82
<b>Tb</b>	0,01	0,01	0,61	0,52
<b>Dy</b>	0,07	0,08	4,07	3,40
<b>Ho</b>	0,02	0,02	0,94	0,76
<b>Er</b>	0,03	0,03	2,70	2,31
<b>Tm</b>	0,01	0,01	0,39	0,32
<b>Yb</b>	0,05	0,05	2,61	2,09
<b>Lu</b>	0,01	0,01	0,40	0,32
<b>Hf</b>	0,1	0,1	1,8	1,4
<b>Ta</b>	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Pb</b>	0,1	0,1	0,2	0,6
<b>Th</b>	0,2	0,2	0,2	0,4
<b>U</b>	0,1	0,1	0,1	0,1



## KAYNAKLAR

- Bağcı, U., & Parlak, O. (2009). Petrology of the Tekirova (Antalya) ophiolite (Southern Turkey): evidence for diverse magma generations and their tectonic implications during Neotethyan-subduction. *International Journal of Earth Sciences*, 98(2), 387-405. <https://doi.org/10.1007/s00531-007-0242-7>
- Beyarslan, M., & Bingöl, A.F. (2000). Petrology of a supra-subduction zone ophiolite (Elazığ, Turkey). *Canadian Journal Earth Sciences*, 37(10), 1411-1424. <https://doi.org/10.31202/ecjse.993333>
- Boynton, W.V. (1984). Geochemistry of the Rare Earth Elements: Meteorite Studies. In Henderson, P. (Ed.), *Rare Earth Element Geochemistry* (pp. 63-114). Amsterdam: Elsevier.
- Çelik, Ö.F. (2008). Detailed geochemistry and K-Ar geochronology of the metamorphic sole rocks and their mafic dykes from the Mersin Ophiolite, Southern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17(4), 685-708.
- Çelik, Ö.F., & Chiaradia, M. (2008). Geochemical and petrological aspects of dyke intrusions in the Lycian Ophiolites (SW Turkey): a case study for the dyke emplacement along the Tauride Belt Ophiolites. *International Journal of Earth Sciences*, 97(6), 1151-1164. <https://doi.org/10.1007/s00531-007-0204-0>
- Çelik, Ö.F. (2007). Metamorphic sole rocks and their mafic dykes in the Eastern Tauride Belt ophiolites (Southern Turkey): implications for OIB type magma generation following slab break-off. *Geological Magazine*, 144(5), 849-866. <https://doi.org/10.1017/S0016756807003573>
- Çelik, Ö.F., & Delaloye, M. (2003). Origin of metamorphic soles and their post-kinematic mafic dyke swarms in the Antalya and Lycian ophiolites, SW Turkey. *Geological Journal*, 38(3-4), 235-256. <https://doi.org/10.1002/gj.954>
- Çetrez, B. (2022). Yeşilova (Burdur) ofiyolitinde yer alan izole daykların jeokimyası ve petrojenezi. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya 98s.
- Dilek, Y., & Flower, M.F.J. (2003). Arc-trench rollback and forearc accretion: 2. A model template for ophiolites in Albania, Cyprus, and Oman. In Dilek, Y., & Robinson, P.T. (Eds.), *Ophiolites in Earth History*. Geological Society London Special Publication, 218, 43-68. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2003.218.01.04>
- Dilek, Y., Thy, P., Hacker, B.R., & Grundvig, S. (1999). Structure and petrology of Tauride Ophiolites and mafic dyke intrusions (Turkey): implications for the Neotethyan Ocean. *Geological Society of America Bulletin*, 111(8), 1192-1216. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1999\)111<1192:SAPOTO>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1999)111<1192:SAPOTO>2.3.CO;2)
- Ersoy, S. (1990). Batı Toros (Likya) Naplarının Yapısal Ögelerinin ve Evriminin Analizi. *Jeoloji Mühendisliği*, 37, 5-16.
- Güneş, A., İlbeyli, N., Rasimgil, S., & Demirbilek, M. (2021). Petrological and geochemical characteristics of the diabase and metasomatised dikes from the Tekirova ophiolite (SW Anatolia, Turkey): Tectonomagmatic evolution of the southern Neotethys. *Geochemistry*, 81(3), 125767. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2021.125767>
- Jenner, G.A., Dunning, G.R., Malpas, J., Brown, M., & Brace, T. (1991). Bay of Islands and Little Port complexes revisited: age, geochemical and isotopic evidence confirm suprasubduction-zone origin. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 28(10), 35-52. <https://doi.org/10.1139/e91-146>
- Juteau, T. (1980). Ophiolites of Turkey. *Ofioliti*, 2, 199-235.
- Irvine, T.N., & Baragar, W.R.A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8(5), 523-548. <http://doi.org/10.1139/e71-055>
- Karaman, T. (1987). Yeşilova-Tefenni (Burdur) Batısında Kalan Alanın Jeolojisi ve Petrografisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya 84s.
- Kavak, K.S., Parlak, O., & Temiz, H. (2017). Geochemical characteristics of ophiolitic rocks from the southern margin of the Sivas basin and their implications for the Inner Tauride Ocean, Central-Eastern Turkey. *Geodinamica Acta*, 29(1), 160-180. <https://doi.org/10.1080/09853111.2017.1359773>
- Middlemost, E.A.K. (1994). Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth-Science Reviews*, 37(3-4), 215-224. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(94\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0012-8252(94)90029-9)
- Moores, E.M., Kellogg, L.H., & Dilek, Y. (2000). Tethyan ophiolites, mantle convection, and tectonic "historical contingency": A resolution of the "ophiolite conundrum". *Ophiolites and Oceanic Crust: New Insights from Field*



- Studies and Ocean Drilling Program, *Geological Society of America*, 349, 3-12. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2349-3.3>
- Parlak, O. (2016). The Tauride ophiolites of Anatolia (Turkey): a review. *Journal of Earth Science*, 27(6), 901-934. <https://doi.org/10.1007/s12583-016-0679-3>
- Parlak, O., Yılmaz, H., & Boztuğ, D. (2006). Origin and tectonic significance of the metamorphic sole and isolated dykes of the Divriği Ophiolite (Sivas, Turkey): evidence for slab break-off prior to ophiolite emplacement. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 15(1), 25-45.
- Parlak, O., Höck, V., Kozlu, H., & Delaloye, M. (2004). Oceanic crust generation in an island arc tectonic setting, SE Anatolian Orogenic Belt (Turkey). *Geological Magazine*, 141(5), 583-603. <https://doi.org/10.1017/S0016756804009458>
- Parlak, O., Höck, V., & Delaloye, M. (2002). The supra-subduction Pozantı-Karsantı ophiolite, southern Turkey: evidence for high pressure crystal fractionation of ultramafic cumulates. *Lithos*, 65(1), 205-224. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(02\)00166-4](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(02)00166-4)
- Parlak, O. (2000). Geochemistry and significance of mafic dyke swarms in the Pozantı- Karsantı ophiolite (Southern Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 9(1), 29-38.
- Parlak, O., & Delaloye, M. (1996). Geochemistry and timing of post-metamorphic dike emplacement in the Mersin ophiolite (southern Turkey): new age constraints from  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology. *Terra Nova*, 8(6), 585-592. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.1996.tb00788.x>
- Parlak, O., Delaloye, M., & Bingöl, E. (1995). Origin of sub-ophiolitic metamorphic rocks beneath the Mersin ophiolite, southern Turkey. *Ofioliti*, 20(2), 97-110.
- Pearce, J.A. (2014). Immobile element fingerprinting of ophiolites. *Elements*, 10(2), 101-108. <https://doi.org/10.2113/gselements.10.2.101>
- Pearce, J.A., Lippard, S.J., & Roberts, S. (1984). Characteristics and Tectonic Significance of Supra-subduction Zone Ophiolites. In Kokelaar, B.P., & Howells, M.F. (Eds.), *Marginal Basin Geology*. Geological Society of London Special Publication, 16, (pp. 77-89). <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1984.016.01.06>
- Pearce, J.A. (1982). Trace Element Characteristics of Lavas from Destructive Plate Boundaries. In Thorpe, J.S. (Ed.), *Andesites* (pp. 525-548). New York: John Wiley.
- Robertson, A. H. F., Parlak, O., Metin, Y., Vergili, O., Tasli, K., Inan, N., & Soycan, H. (2013). Late Palaeozoic-Cenozoic tectonic development of carbonate platform, margin and oceanic units in the Eastern Taurides, Turkey. In Robertson, A.H.F., Parlak, O., & Ünlügenç, U.C. (Eds.), *Geological Development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean Region*. Geological Society London Special Publication, 372, (pp. 167-218). <https://doi.org/10.1144/SP372.16>
- Robertson, A.H.F. (2004). Development of concepts concerning the genesis and emplacement of Tethyan ophiolites in the eastern Mediterranean and Oman regions. *Earth-Science Reviews*, 66(3-4), 331-387. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2004.01.005>
- Robertson, A.H.F. (2002). Overview of the genesis and emplacement of Mesozoic ophiolites in the Eastern Mediterranean Tethyan region. *Lithos*, 65(1-2), 1-67. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(02\)00160-3](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(02)00160-3)
- Shervais, J.W., (2022). The petrogenesis of modern and ophiolitic lavas reconsidered: Ti-V and Nb-Th. *Geoscience Frontiers*, 13(2), 101319. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101319>
- Shervais, J.W., Reagan, M.K., Godard, M., Prytulak, J., Ryan, J.G., Pearce, J.A., Almeev, R.A., Li, H., Haugen, E., Chapman, T., Kurz, W., Nelson, W.R., Heaton, D., Kirchenbaur, M., Shimizu, K., Sakuyama, T., Vetter, S.K., Li, Y., & Whattam, S. (2021). Magmatic Response to Subduction Initiation, Part II: Boninites and related rocks of the Izu-Bonin Arc from IODP Expedition 352. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 22(1), e2020GC009093. <https://doi.org/10.1029/2020GC009093>
- Sun, S., & McDonough, W.F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In Saunders, A.D., & Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society London Special Publication, 42, (pp. 313-345).

Şengör, A.M.C., & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75(3-4), 181-241.



# Kahramanmaraş Sutcu Imam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi: 28.07.2022

Kabul Tarihi: 15.09.2022

Received Date : 28.07.2022

Accepted Date : 15.09.2022

### USAGE OF THE PLASTIC WASTES AS AN AGGREGATE IN CEMENTITIOUS MIXTURES

### ÇİMENTOLU KARIŞIMLARDA PLASTİK ATIKLARIN AGREGA OLARAK KULLANIMI

Nazlı Ipek KUL GUL<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-8206-9049)

Niyazi Ugur KOCKAL<sup>1\*</sup> (ORCID: 0000-0001-7324-5277)

<sup>1</sup> Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Niyazi Ugur KOCKAL, nukockal@akdeniz.edu.tr

#### ABSTRACT

Due to its many advantages, polymer materials have a wide range of usage areas. There are some processes that must be applied to polymer wastes within the legal framework. Recycling is one of these processes. However, because it is a difficult and costly process, it becomes attractive to reuse these wastes. From this perspective, evaluating the feasibility of polymer wastes in cementitious mixtures as raw materials will be very useful research. In this study, cementitious mixtures containing plastic wastes in different proportions were studied. Mechanical properties were investigated by using plastic waste in two ratios with aggregate substitution in cementitious mixtures. As a result, it has been observed that some mechanical properties could be improved with the use of plastic wastes whose specific gravity is much lower than aggregate. The improvement in mechanical properties varies according to the type and amount of plastic wastes. Namely, it has been observed that 50% of the substitution of polystyrene and polycarbonate wastes and 10% of thermoplastic elastomers and electrical cable wastes increase some of the mechanical properties. It has been determined that the gradation of plastic wastes directly affects these properties such as fresh state properties and toughness of the cementitious mixtures. It is envisaged to obtain improved fresh state properties and high mechanical properties where the raw materials have more appropriate gradation.

**Keywords:** Construction materials, mechanical properties, mortars, reuse, wastes

#### ÖZET

Birçok avantajı bir arada barındırması sebebiyle polimer malzemeler çok geniş kullanım alanına sahiptir. Polimer atıklara yasal çerçevede uygulanması gereken birtakım işlemler mevcuttur. Geri dönüşüm de bu işlemlerden biridir. Fakat zor ve maliyetli bir süreç olması sebebiyle atıkları yeniden kullanma cazip hale gelmektedir. Bu perspektiften bakılınca polimer atıkların çimentolu karışımlarda hammadde olabilirliğinin değerlendirilmesi oldukça faydalı bir araştırma olacaktır. Bu çalışmada, plastik atıkları farklı oranlarda içeren çimentolu karışımlar üzerinde çalışılmıştır. Çimentolu karışımlarda agrega ikamesiyle iki oranda plastik atık kullanılarak mekanik özellikler incelenmiştir. Sonuç olarak; özgül ağırlığı agregadan oldukça düşük olan plastik atıkların kullanımı ile bazı mekanik özelliklerin geliştirilebileceği görülmüştür. Mekanik özelliklerdeki gelişim, plastik atığın türü ve miktarına göre değişiklik göstermektedir. Şöyle ki; %50 oranında ikame yapıldığında polistiren ve polikarbonat esaslı atıkların, %10 oranında ise termoplastik elastomerlerin ve elektrik kablosu atıklarının mekanik özelliklerinden bazılarını arttırdığı görülmüştür. Karışımların taze hal özellikleri ve tokluk gibi mekanik özellikleri plastik atıkların gradasyonunun doğrudan etkilediği tespit edilmiştir. Hammaddelerin daha uygun gradasyona sahip olduğu çalışmalarda geliştirilmiş taze hal özellikleri ve yüksek mekanik özellikler elde edilmesi öngörülmektedir.

ToCite: KUL GUL, N. I. & KOCKAL, N. U., (2022). USAGE OF THE PLASTIC WASTES AS AN AGGREGATE IN CEMENTITIOUS MIXTURES. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Ozel Sayı), 19-27.

**Anahtar Kelimeler:** Atıklar, harçlar, mekanik özellikler, yapı malzemeleri, yeniden kullanım

## INTRODUCTION

It is an inevitable fact that plastic waste is a major factor that increases environmental pollution. Waste management is a very important process that includes all types of wastes. Waste Management Hierarchy is used in accordance with the waste legislation (Atık Yönetimi Mevzuatı, 2016; Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015). According to this hierarchy;

- The generation of waste should be prevented.
- If it could not be prevented, it should be ensured that it occurs in the least amount.
- Wastes should be reused as much as possible.
- Unusable wastes should be recycled.
- In cases where recycling is impossible, energy recovery should be provided from wastes.
- The last method to be preferred is the disposal of the wastes by various methods.

As a result, the reuse of the wastes becomes extremely significant when the generation of waste could not be completely avoided. The use of composites containing plastic wastes in various construction areas such as sewer pipes, pavements, cementitious mixtures (mortar, brick, concrete, paver block etc.) for different applications, roads, furniture production is available in scientific studies within the scope of reducing the usage of plastic wastes (Mahmood and Kockal, 2021; Zulkernain et al., 2021; Tuna Kayılı et al., 2020).

According to the literature, it was seen that a wide variety of wastes (such as plastics) in concrete or mortar were used for different purposes and the use of these materials developed especially mechanical and various other properties in certain ways and amounts of use (Almeshal et al., 2020; Bahij et al., 2020; Kockal and Camurlu, 2020; Mahmood and Kockal, 2020; Gu and Ozbakkaloglu, 2016). In a study on concrete blocks, ductility increased in the use of PET (polyethylene terephthalate) waste as a fiber. It was found that the flexural strength of this waste increased from 3 MPa to 6 MPa. Concrete that becomes more ductile is known to be more resistant to freeze-thaw (Chowdhury et al., 2013). In a study in which waste rubber was substituted up to 100% with coarse aggregate at various ratios in concrete, both the compressive strength and the modulus of elasticity were calculated by static pressure test on the 7th and 28th days. Dynamic impact test was also carried out with New Jersey type barriers prepared with these mixtures. The compressive strength and modulus of elasticity decreased, and the amount of energy absorption increased by rising the waste amount. Moreover, increasing the amount of energy absorption reduces the impact and the risk of occupant injury resulting from the accident (Atahan and Sevim, 2008). In another study made with six different concrete mixtures containing rubber particles, static pressure test and dynamic impact test were performed in the same way. However, in this study, the energy absorption amount was measured by performing the impact test by placing a certain weight on the cylindrical concrete samples with the Instron Dynatup 9250 HV device. As a result the compressive strength and modulus of elasticity decreased, while the amount of absorbed energy increased at higher amount of rubber particles (Atahan and Yücel, 2012). In a study on concrete including PET wastes as an aggregate, the wastes were used in three different shapes and sizes, and the effect of the shape and size of PET-aggregate on mechanical and fresh state properties was investigated. It was concluded that workability of the concrete mixtures was highly affected by of the shape and size of PET-aggregate. It has been observed that the decrease in compressive strength with the addition of PET waste was as low as 5% in some mixtures with workability suitable for reducing the w/c ratio (Saikia and De Brito, 2014). In another study on cement mortars incorporating PET wastes, these wastes were used as longitudinal reinforcement and as fiber having different L/D ratios. The maximum compressive strength was obtained by the sample having PET waste as fiber with L/D ratio of 2 with the value of 38.4 MPa (Yilmaz, 2021).

Plastic wastes could be used as fibers in cementitious mixtures as well as used as aggregates. It is known that concrete, in which polymer-based wastes are used as aggregate, will show lightweight concrete properties. In this case, it becomes more likely to obtain a concrete that can provide thermal and sound insulation (Meng et al., 2018; Chowdhury et al., 2013). In a study in which rubber crumbs were used, it was observed that the sound insulation value of the concrete increased considerably as the amount of these waste aggregate increased. The best results were obtained in lightweight concrete, in which rubber particles were used as 75% (Zhang and Poon, 2018).

In this study, the mechanical and physical properties of the cementitious materials obtained with the usage of one or more types of plastic wastes together were examined. It was aimed that cementitious mixtures containing plastic wastes with improved mechanical properties could perform better under the impact than those without plastic wastes. In the future studies, suitable mixtures for a concrete barrier will be determined by using these plastic wastes.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

The materials used in the cementitious mixtures were ordinary Portland cement (CEM I 42.5 R), fine aggregate (0-4 mm, crushed limestone), a superplasticizer type of chemical additive, nine different types of plastic wastes and also tap water. The specific weights of these initial materials are given in Table 1. The types and some specifications of the plastic wastes are given in Table 2.

**Table 1.** The Specific Weights of the Initial Materials

Initial Materials	Specific Weight (g/cm <sup>3</sup> )
Fine aggregate (0-4 mm)	2.61±0.01
Portland cement (CEM I 42.5 R)	3.11±0.02

**Table 2.** Plastic Waste Materials and Their Some Specifications

Type of Plastic Waste	Code	Specific weight (g/cm <sup>3</sup> )	Shape	Utilization areas of this materials
Polycarbonate	K	1.141	Like as crushed aggregate	Plastic demijohn, medical equipment's, spectacle lens, roof covering
Polyethylene	P	0.928	Round	Bottle cap, carrier bag
ABS	A	1.009	Cylinder	Car parts, bumper
Polypropylene	R	0.875	Cylinder with hole	Plastic chairs, yoghurt case, vase
PVC	V	1.162	Crushed	Pipe, window, cable
Polystyrene (Crystal)	T	1.007	Round	Plastic glass and plate
Polystyrene (Antishock)	S	1.052	Crushed	Fridge, washing machine, styrofoam
TPE	E	0.962	Crushed	Shoes sole, power cable
Waste of power cable	B	1.490	Finely chopped	Power cable

### Methods

The mixtures were prepared by 10 and 50% of waste by volume for each waste and several wastes were used together to determine the combined of the wastes. Furthermore, hybrid mixtures were prepared on the same principle at the total ratio of 50%. Certain details of the mixtures are given below:

- The amount of cement: 380 kg/dm<sup>3</sup>
- Water/ cement ratio: 0.5 (constant)
- Chemical admixtures: Fosroc Gantre 738 S (Polycarboxylate based admixture)
- The amount of chemical admixture: It was determined as a percent by the amount of cement according to the flow diameter of cementitious mixtures. (in the range of 0.8-1.6%)

The fresh consistency of the cementitious mixtures was determined by measuring the flow diameters according to EN 1015-3. In order to decide the waste being more suitable as construction material, 7-day mechanical properties of the mixtures were examined. As a result of these mechanical tests flexural strength, compressive strength and toughness were found. The flexural and compressive strengths of the hardened samples were calculated according to the equations 1 and 2 respectively as described in the European standard of EN 196-1. Toughness values were calculated from the area under the load vs. displacement graph of the compressive strength tests via a software program and the relative toughness values are given in Table 4. Modulus of elasticity of the hardened samples were calculated by the equation 3 as described in European standard of EN 12390-13. Also, the relative modulus of elasticity values are exhibited in Table 4 according to the results obtained by the mentioned equation.

$$\sigma_f = \frac{3 \times F \times l}{2 \times b \times d^2} \quad (1)$$

$\sigma_f$  : Flexural strength (MPa)

l: Distance between two supporting pins (mm)

b: Width of specimen (mm)

d: Thickness of specimen (mm)

$$\sigma_C = \frac{F}{A} \quad (2)$$

$\sigma_C$  : Compressive strength (MPa)

F: Maximum load (N)

A: The cross section of the area of the material resisting the load (mm<sup>2</sup>)

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad (3)$$

$\sigma_1$ : the stress at the unit deformation value of  $5 \times 10^{-5}$  (MPa)

$\sigma_2$ : 40% of the maximum stress (MPa)

$\varepsilon_1$ : the unit deformation at the stress value of  $\sigma_1$

$\varepsilon_2$ : the unit deformation at the stress value of  $\sigma_2$

## RESULTS

The fresh consistency of the cementitious mixtures was determined by measuring the flow diameters. The flow diameters and the amount of the amount of chemical additives (%) to achieve the specified consistency were given in Table 3. Due to the segregation problems experienced in high consistencies, the flow diameters have been tried to be kept between 10 and 15 cm. However, in some mixtures, fluidity could be achieved at a consistency of higher than 15 cm.

**Table 3.** Flow Diameters of the Cementitious Mixtures

Sample Code	The Plastic Waste Type	The amount of plastic waste (% , by volume)	The amount of chemical additives (%)	Flow Diameter (cm)	Experimental Unit Weight of the Cementitious Mixtures (kg/m <sup>3</sup> )
C	----	----	0.8	15	2170.57
İP50	Polyethylene	50	0.8	20.5	1682.45
İK50	Polycarbonate	50	0.8	10.75	1706.64
İA50	ABS	50	0.8	12.25	1679.70
İR50	Polypropylene	50	1.0	12.3	1663.25
İV50	PVC	50	1.6	15.25	1697.30
İS50	Polystyrene (anti shock)	50	1.6	13.25	1663.25
İE50	TPE	50	1.2	11.25	1664.10
İT50	Polystyrene (crystal)	50	1.0	18.75	1674.56
İK10	Polycarbonate	10	1.0	11.25	2059.30
İA10	ABS	10	1.1	13	2041.05
İS10	Polystyrene (anti shock)	10	1.0	12.65	2200.54
İP10	Polyethylene	10	1.2	12.25	2182.10
İT10	Polystyrene (crystal)	10	1.1	13.75	2154.10
İR10	Polypropylene	10	1.4	14	2168.97
İV10	PVC	10	1.2	13.25	2143.99
İE10	TPE	10	1.2	12.25	2206.87
İB10	Power cable	10	1.4	11.5	2210.54
İAV50	ABS and PVC	50	1.6	11.25	1766.13
İPV50	Polyethylene and PVC	50	1.2	12.25	1757.30
İAE50	ABS and TPE	50	1.6	11	1730.83

The flexural strength, compressive strength, relative toughness values and relative modulus of elasticity of all the cementitious mixtures are given in Table 4.

**Table 4.** Mechanical Test Results of the Cementitious Mixtures

Sample Code	The Plastic Waste Type	The amount of plastic waste (% by volume)	Flexural Strength (MPa)	Compressive Strength (MPa)	Relative Toughness (MPa)	Relative Modulus of Elasticity (MPa)
C	----	----	10.67	40.05	100	100
İP50	Polyethylene	50	4.52	12.49	34.7	62.5
İK50	Polycarbonate	50	6.93	25.44	140.4	67.3
İA50	ABS	50	7.15	22.31	73.3	75.5
İR50	Polypropylene	50	5.56	18.20	48.9	72.6
İV50	PVC	50	4.01	7.61	37.5	57.3
İS50	Polystyrene (anti shock)	50	8.09	27.63	138.9	75.2
İE50	TPE	50	3.60	6.05	57.9	29.4
İT50	Polystyrene (crystal)	50	7.61	25.09	74.0	71.1
İK10	Polycarbonate	10	11.02	34.09	105.3	84.8
İA10	ABS	10	11.90	32.20	102.3	73.3
İS10	Polystyrene (anti shock)	10	11.45	35.36	100.6	83.0
İP10	Polyethylene	10	11.17	30.75	72.0	85.2
İT10	Polystyrene (crystal)	10	10.78	32.52	92.4	80.1
İR10	Polypropylene	10	11.51	33.09	120.3	87.0
İV10	PVC	10	10.03	27.34	87.5	78.1
İE10	TPE	10	10.56	28.11	142.3	71.6
İB10	Power cable	10	11.46	25.66	211.7	61.4
İAV50	ABS and PVC	50	5.90	11.12	53.2	47.3
İPV50	Polyethylene and PVC	50	4.07	9.62	40.4	69.1
İAE50	ABS and TPE	50	5.60	11.38	40.2	61.5

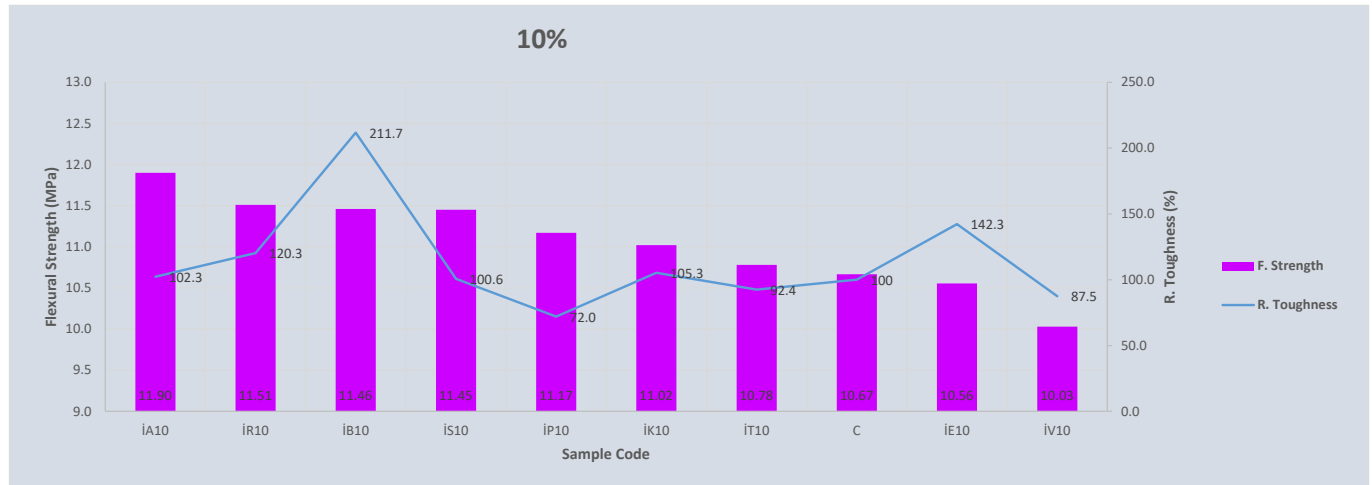
It could be seen from Figure 1 that the two highest relative toughness values (among the mixtures containing 50% waste) are 140.4% and 138.9% belonging to İK50 and İS50, respectively. As could be clearly detected from the graph, the best two values were higher than the toughness value of the control sample.



**Figure 1.** Flexural Strengths and Relative Toughness Values of the Cementitious Mixtures Including 50% of Waste

The flexural strength and relative toughness values of the cementitious mixtures having 10% of plastic waste are compared in Figure 2. First of all, it has been observed that the use of 10% plastic wastes had more positive effect on toughness than the use of 50% plastic wastes. However, with a value of 211.7%, the relative toughness of the sample of IB10 is higher than the whole samples (including 50% and hybrid studies). Unfortunately, 50% of this

waste (power cables) could not be studied. There was a very high amount of segregation and the mixture could not be placed in the molds.

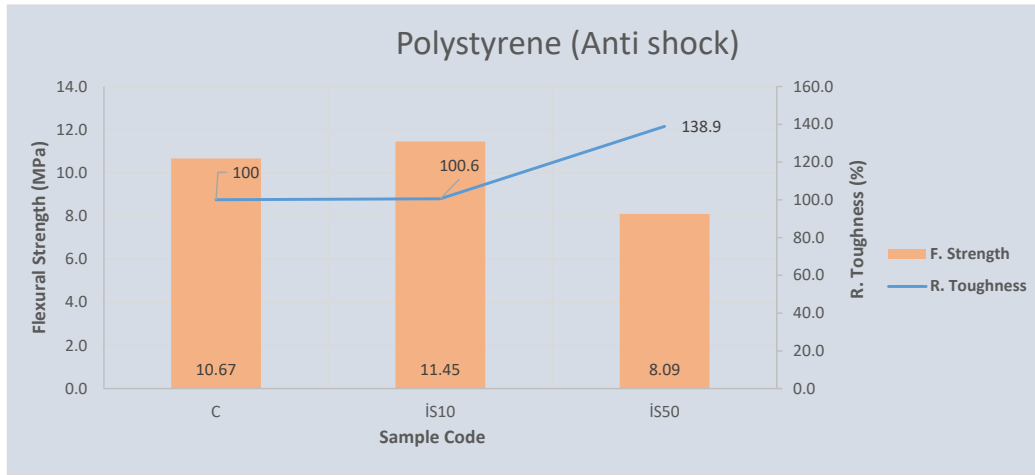


**Figure 2.** Flexural Strengths and Relative Toughness Values of the Cementitious Mixtures Including 10% of Waste

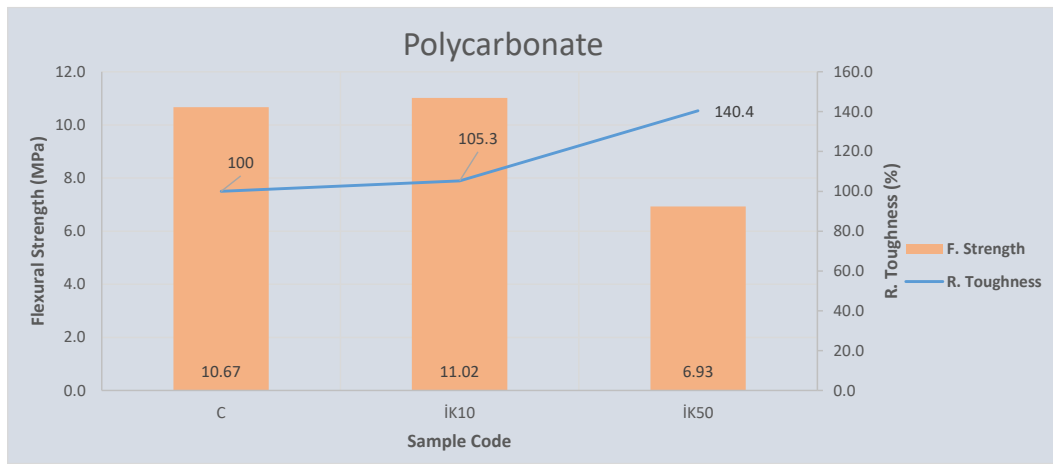
The test results of all waste types were evaluated within themselves:

- The studies done with polyethylene were indicated that the toughness decreased as the waste increased. It was observed that the strength of the mixtures firstly increased at 10% and decreased again by 50%.
- It was resulted that both the toughness and flexural strength decreased as the amount of PVC increased.
- In the studies with ABS; when the amount of waste increased from 0 to 10%, toughness increased by 2% and the flexural strength increased at 10%. Also, it has been determined that both of them decreased at 50%.
- It was observed that the strength remained almost constant and the toughness increased by 40% with the use of 10% of TPE. While the ratio of TPE was 50%, both strength and toughness decreased. Another important point here was that when the ratio of TPE was 50%, there were quite problems during placement and removal from the molds.
- In the samples containing polypropylene, when the amount of waste increased from 0 to 10%, the strength and toughness increased. Both of them fallen at the amount of 50%.
- The toughness decreased as the amount of polystyrene (crystal) increased.
- Besides that, it has been determined that the best mechanical results, especially the toughness values, were obtained from the mixtures including polystyrene (anti-shock) and polycarbonate in the use of relatively high amount of these wastes. The results of these mixtures were compared with the results of the control mixture in Fig. 3 and 4. When the amount of polystyrene (anti-shock) increased from 0 to 10%, the toughness remained almost constant according to Figure 3. But it was increased by 40% when the amount was risen to 50%. (despite reduced flexural strength). As could be detected from Figure 4, the toughness increased as the amount of polycarbonate increased.
- When the modulus of elasticity values of all mixtures given in Table 4 were examined, it was observed that all the samples including wastes were lower than the control sample. Furthermore, the modulus of elasticity decreased with the increase in the amount of wastes. The main reason for this is that the elasticity modules of plastic wastes used instead of aggregate originated by limestone are lower than the aggregate. It was observed that PVC, TPE and power cable wastes decreased their elasticity modules at a higher ratio than the other ones.



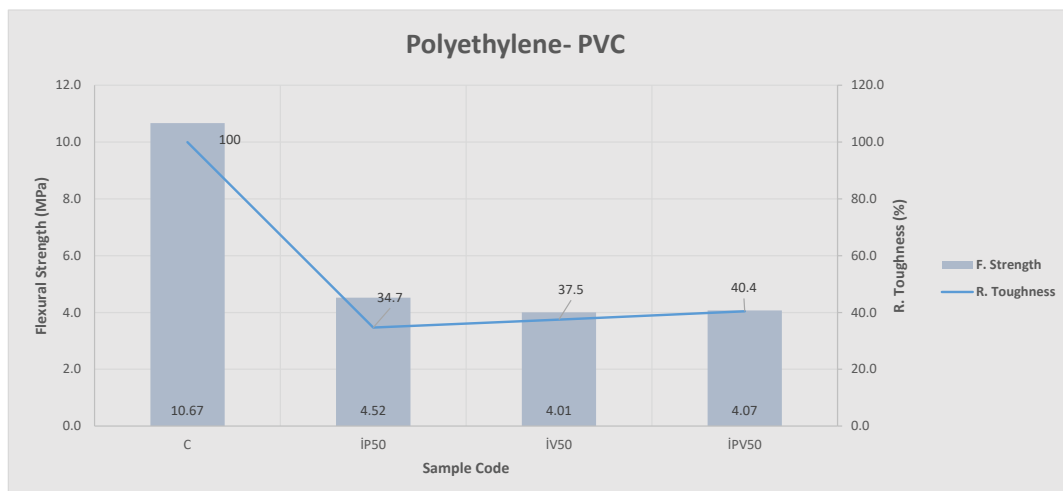


**Figure 3.** Flexural Strengths and Relative Toughness Values of the Cementitious Mixtures Including Polystyrene Waste

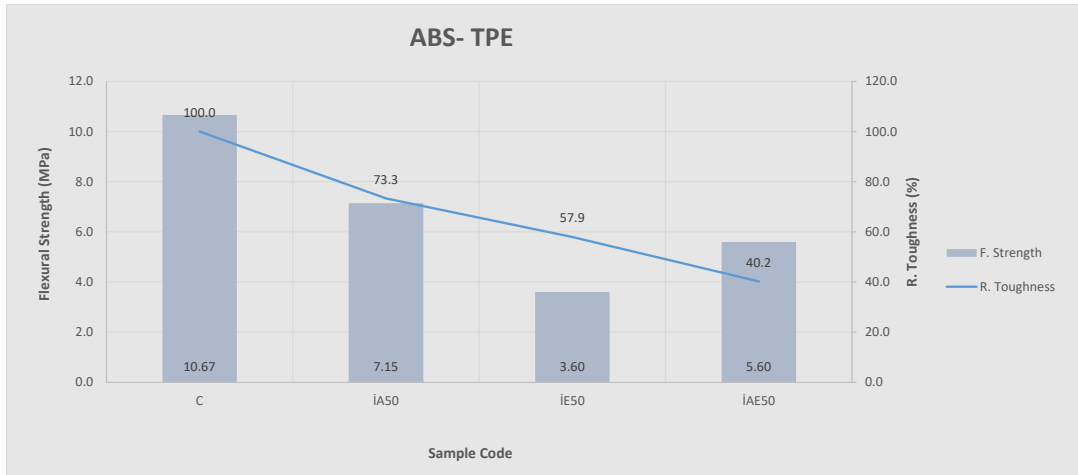


**Figure 4:** Flexural Strengths and Relative Toughness Values of the Cementitious Mixtures Including Polycarbonate Waste

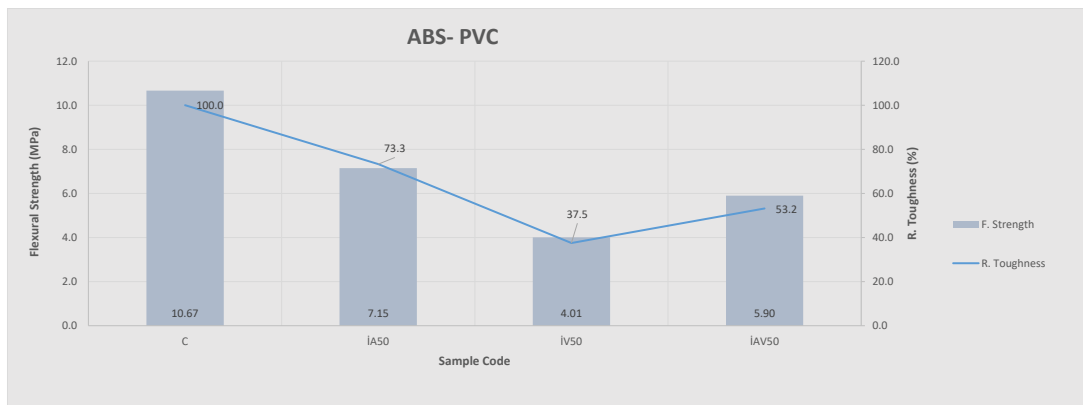
Due to the low positive contribution of the use of the wastes of polyethylene, PVC, ABS and TPE to the mechanical properties, the hybrid mixtures were prepared and examined like as the other mixtures. The results were given in Figures 5, 6 and 7. In hybrid mixtures, contrary to expectations the strength and toughness values were obtained at a point close to the average strength and toughness values of both wastes.



**Figure 5.** Flexural Strengths and Relative Toughness Values of the Hybrid Cementitious Mixtures with Polyethylene and PVC



**Figure 6.** Flexural Strengths and Relative Toughness Values of the Hybrid Cementitious Mixtures with ABS And TPE



**Figure 7.** Flexural Strengths and Relative Toughness Values of the Hybrid Cementitious Mixtures with ABS and PVC

## CONCLUSION

In this study, the cementitious mixtures made with nine different types of plastic waste were examined. It was aimed to increase the mechanical properties of traditional cementitious mixtures and to increase the durability of the materials made by these mixtures under the impact. It could be concluded that many of the plastic waste types have positive effects on toughness especially when used in low amounts such as 10%. Also, some of them contributed positively high amounts of usage (50%) like polystyrene (anti shock) and polycarbonate. Namely, it is vital that the samples of İS50 (0.0864 MPa) and İK50 (0.0873 MPa) have higher toughness values than the control sample (0.0622 MPa). Although, waste addition to these samples did not increase the flexural strength, it was observed that it increased the toughness.

In line with the results obtained, some suggestions for future studies are as follows:

- ABS, TPE and power cable waste seem to be suitable materials in low amounts of usage. At higher amounts, such as 50%, polystyrene (anti-shock) and polycarbonate wastes came to the fore, if the placement problems could be resolved.
- In order to overcome the placement and segregation problems, it is suggested that aggregate substitution should be made by paying attention to the size ranges of both the wastes and the aggregate separately. In other words, plastic waste can be substituted with the same size range of the aggregate.

## ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by The Scientific Research Projects Coordination Unit of Akdeniz University by the project number of 5744.

## REFERENCES

- Almeshal, I., Tayeh, B. A., Alyousef, R., Alabduljabbar, H., Mustafa Mohamed, A., & Alaskar, A. (2020). Use of recycled plastic as fine aggregate in cementitious composites: A review. *Construction and Building Materials*, 253, 119146. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119146>
- Atahan, A. O., & Yücel, A. Ö. (2012). Crumb rubber in concrete: Static and dynamic evaluation. *Construction and Building Materials*, 36, 617–622. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.068>
- Atahan, A. O., & Sevim, U. K. (2008). Testing and comparison of concrete barriers containing shredded waste tire chips. *Materials Letters*, 62(21–22), 3754–3757. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2008.04.068>
- Atık Yönetimi Mevzuatı. (2016). [http://www.pagcev.org/upload/files/İSO\\_10\\_Şubat\\_2016\\_Sunumlar/FUNDA\\_ERCAN.pdf](http://www.pagcev.org/upload/files/İSO_10_Şubat_2016_Sunumlar/FUNDA_ERCAN.pdf)
- Atık Yönetimi Yönetmeliği. (2015). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm>
- Bahij, S., Omary, S., Feugeas, F., & Faqiri, A. (2020). Fresh and hardened properties of concrete containing different forms of plastic waste – A review. *Waste Management*, 113, 157–175. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.048>
- Chowdhury, S., Maniar, A. T., & Suganya, O. (2013). Polyethylene Terephthalate ( PET ) Waste as Building Solution. *International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS)*, 1(2), 2320–4087.
- Gu, L., & Ozbakkaloglu, T. (2016). Use of recycled plastics in concrete: A critical review. *Waste Management*, 51, 19–42. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.005>
- Kockal, N. U., & Camurlu, H. E. (2020). Lightweight Pumice Mortars with Polypropylene Fiber Reinforcement. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(10), 8087–8097. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04617-0>
- Mahmood, R. A., & Kockal, N. U. (2020). Cementitious materials incorporating waste plastics: a review. *SN Applied Sciences*, 2(12), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03905-6>
- Mahmood, R. A., & Kockal, N. U. (2021). Nanoparticles used as an ingredient in different types of concrete. *SN Applied Sciences*, 3(5), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04461-3>
- Meng, Y., Ling, T. C., & Mo, K. H. (2018). Recycling of wastes for value-added applications in concrete blocks: An overview. *Resources, Conservation and Recycling*, 138(August), 298–312. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.029>
- Saikia, N., & De Brito, J. (2014). Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural aggregate. *Construction and Building Materials*, 52, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.049>
- Tuna Kayılı, M., Çelebi, G., Bölümü, M., Fakültesi, M., Üniversitesi, K., Bölümü, İ. M., Üniversitesi, Ç., & Ankara, T. (2020). *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 3(3): 148-157 (2020) (Derleme Makale) Plastik Atıkların ve Yapıda Kullanım Olanaklarının İncelenmesi. 3(3), 148–157.*
- Yılmaz, A. (2021). Farklı Orana Sahip PET Atıklarının Çimento Harçlarının Mekanik ve Dayanıklılık Özelliklerine Etkisi. *European Journal of Science and Technology*, 28, 432–436. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1004191>
- Zhang, B., & Poon, C. S. (2018). Sound insulation properties of rubberized lightweight aggregate concrete. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3176–3185. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.044>
- Zulkernain, N. H., Gani, P., Chuck Chuan, N., & Uvarajan, T. (2021). Utilisation of plastic waste as aggregate in construction materials: A review. *Construction and Building Materials*, 296, 123669. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123669>



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi:09.08.2022

Kabul Tarihi:14.09.2022

Received Date : 09.08.2022

Accepted Date : 14.09.2022

### TULUM PEYNİRİNDEN *Lactobacillus plantarum* VE *Lactobacillus paracasei* İZOLASYONU, TANIMLANMASI VE ANTİBİYOTİK DİRENÇLİLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

#### ISOLATION, IDENTIFICATION AND DETERMINATION OF ANTIBIOTIC RESISTANCE CHARACTERISTICS OF *Lactobacillus plantarum* AND *Lactobacillus paracasei* FROM TULUM CHEESE

Gül KÜÇÜKÖNDER<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0001-5087-6594)Tuğba KARABEKMEZ ERDEM<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0001-6361-4796)Sermet AYMAN<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-7521-8712)Yekta GEZGİNÇ<sup>1\*</sup> (ORCID: 0000-0002-3230-2850)<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Gıda Teknolojisi Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Yekta GEZGİNÇ, yekgan@ksu.edu.tr

#### ÖZET

Laktik asit bakterileri (LAB); doğada fermentatif, fakültatif, anaerob ve aerotolerant özelliklere sahip geniş bir mikroorganizma grubudur. LAB'ların çeşitli fermentasyonlar açısından önemli bir yere sahip oldukları bilinmektedir. LAB'lar antibiyotiklere maruz kalma durumlarında gıda tüketimi ile tüketicilerde antibiyotik direnç belirleyicilerin yayılımı açısından önem arz etmektedirler. Bu çalışmada Tulum peynirlerinden izole edilen ve *Lactobacillus plantarum* (9) ve *Lactobacillus paracasei* (6) olarak PCR yöntemi ile tanımlanan izolatların antibiyotik dirençlilikleri disk difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. LAB izolatlarının göstermiş olduğu en yüksek direnç (% 100) kanamisin, streptomisin ve ampisilin antibiyotiklerine karşı olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte (% 86,6) eritromisin, (% 80) gentamisin ve vankomisin, (% 73,3) rifampisin ve tetrasiklin, (% 60) kloramfenikol, (% 53,3) penisilin antibiyotiklerine karşı da önemli oranlarda dirençlilik tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** PCR, antibiyotik dirençlilik, laktik asit bakterisi, *Lb. plantarum*, *Lb. paracasei*

#### ABSTRACT

Lactic acid bacteria (LAB); it is a large group of microorganisms with fermentative, facultative, anaerobic and aerotolerant properties. It is known that LABs play an essential role in various fermentations. LABs are important in terms of spread of antibiotic resistance markers in consumers upon exposure to antibiotics. In this study, antibiotic resistance of Tulum cheese isolates, identified as *Lactobacillus plantarum* (9) and *Lactobacillus paracasei* (6) by PCR method, were determined by disc diffusion method. It was found that the highest resistance of LAB isolates was against kanamycin (100%), streptomycin (100%), and ampicilin (100%) antibiotics. In addition, significant resistance was detected against erythromycin (86,6%), gentamicin and vancomycin (80%), rifampicin and tetracycline (73,3%) respectively, chloramphenicol (60%) and penicillin (53,3%).

**Keywords:** PCR, antibiotic resistance, lactic acid bacteria, *Lb. plantarum*, *Lb. paracasei*

ToCite: KÜÇÜKÖNDER, G., KARABEKMEZ ERDEM, T., AYMAN, S., & GEZGİNÇ, Y., (2022). TULUM PEYNİRİNDEN *Lactobacillus plantarum* VE *Lactobacillus paracasei* İZOLASYONU, TANIMLANMASI VE ANTİBİYOTİK DİRENÇLİLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Özel Sayı), 28-35.

## GİRİŞ

Laktik asit bakterileri (LAB), gram pozitif, spor oluşturmeyen, katalaz negatif, basil ve kok hücre şekilli, fermentatif, fakültatif, anaerob ve aerotolerant özelliklere sahip geniş bir bakteri grubudur. Doğada geniş yayılım gösteren LAB'lar, gıdaların doğal mikroflorasının önemli bir parçasını oluştururlar. LAB'lar sahip oldukları metabolik özelliklerle gıdaların fermentasyon ile muhafazasında sıklıkla faydalanılan mikroorganizmalardır (Zapašnik vd., 2022). Ürettikleri laktik asit, hidrojen peroksit, diasetil, antifungal bileşikler ve bakteriyosin gibi maddelerle ürünlerin besin değerine ve besinlerin biyolojik yolla korunmasına yüzyıllardır katkıda bulunmaktadır (Zapašnik vd., 2022; Yerlikaya vd., 2021). LAB'lar peynir, yoğurt, zeytin, turşu, sucuk gibi birçok fermente üründe bulunmaktadır. Dünyada en çok tüketimi yapılan süt ürünlerinden biri olan peynir, gerek üretiminde kullanılan ve gerekse ortama sonradan dahil olan LAB'lar ile yüksek LAB popülasyonuna sahiptir ve bu bakteriler peynirde meydana gelen fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşsal değişimlerde etkilidirler. *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus* ve *Lactobacillus* peynir fermentasyonunda sıklıkla kullanılan LAB cinsleridir (Furet vd., 2004; Leroy ve De Vuyst, 2004).

Tulum peyniri ülkemizin çoğu yöresinde üretilen ve tüketimi yaygın olan geleneksel bir peynir çeşidimizdir. Tulum peyniri genellikle çiğ süt kullanılarak üretilmektedir ve tüketime sunulmadan önce yaklaşık 4-6 ay gibi bir süre olgunlaştırılmaktadır. Olgunlaşma esnasında peynirde doğal olarak bulunan mikroorganizmaların (özellikle LAB) faaliyeti sonucunda tulum peyniri kendine has lezzet ve yapıya kavuşmaktadır (Özkan vd., 2021). Tulum peyniri zengin laktik floraya sahip olduğundan, bu peynirinden izole edilen ve tanımlanan LAB'ların biyoteknolojik ve endüstriyel özelliklerinin belirlenmesi peynir üretiminde kalite ve güvenilirliğin sağlanması açısından önem taşımaktadır.

Günümüzde gıda güvenliğinin uluslararası alanda önem kazanmasıyla birlikte LAB'lar üzerine konu ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda kendileri hastalık yapan bakteriler olmamasına karşın, gıda zinciri vasıtasıyla insan ve hayvanların sindirim sistemine ulaşmaları, antibiyotik direnç genlerini üzerinde bulundurabilmeleri ve bu genleri patojen bakterilere aktarabilmeleri sebebiyle LAB'ların insan ve hayvanlarda sağlık problemlerine neden olabilecekleri belirtilmektedir (Courvalin, 2006; Herreos vd., 2005). Bu bağlamda yapılan çalışmalarda da antibiyotik dirençlilik genlerinin taşınmasının yalnızca patojen bakteriler ve ticari kültürler arasında değil, aynı zamanda patojen bakteriler ve doğal kaynaklardan izole edilmiş LAB'lar arasında da olabileceği mikrobiyal genom dizilim çalışmaları ile ortaya konmuştur (Sharma vd., 2014; Yalanca, 2009).

Antibiyotikler, bakteriler üzerine hücre çeperi sentezini durdurma, hücre zarının işlevini bozma, protein sentezini engelleme şekillerinde etki eden ve bakterileri inhibe etmek için kullanılan bileşiklerdir. Bakteriler ise, antibiyotiklerin etkilerine karşı sahip oldukları bazı genler (tet (M) tetrasiklin direnç geni ve erm (B) eritromisin direnç geni gibi) ile direnç gösterebilmektedirler (Meral ve Korukluoğlu 2014). Ayrıca direnç sağlayan genlerin bakteriler arasında konjugasyon, translasyon, transdüksiyon, transpozisyon veya mutasyon yollarından biriyle aktarılması ve sonucunda yeni dirençli suşların ortaya çıkması durumu da söz konusu olabilmektedir (Sharma vd., 2014; Madhavan ve Sowmiya, 2011). Dolayısıyla bilinçsiz ve artan dozda antibiyotik kullanımının bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç geliştirmelerine ve aynı zamanda insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu belirtilmektedir (Tavşanlı vd., 2021; Egervarn vd., 2010; Courvalin, 2006; Gevers vd., 2000).

Antibiyotiklerin çok geniş kullanım alanına (tıp, veterinerlik, ziraat, su ürünleri teknolojisi vs.) sahip olması, dirençli bakterilerin gelişimini de beraberinde getirmektedir (Terkuran vd., 2019). Antibiyotik dirençlilik, doğal olarak bulunabildiği gibi sonradan da kazanılmış olabilmektedir. LAB'ın doğal olarak kazanılmış dirençlilik bilgisi tanımlanmıştır. Bazı Laktobasil türleri doğal olarak kanamisin, streptomisin, ampicilin, eritromisin, gentamisin, vankomisin, rifampisin, tetrasiklin, kloramfenikol, penisilin gibi antibiyotiklere yüksek dirençlilik göstermektedir (Danielsen, 2002). Bu bağlamda, gıda güvenliği çerçevesinde, gıdaların doğal mikroflorasının önemli bir bileşeni olan LAB grubunda bulunan türlerin antibiyotiklere karşı duyarlı ve dirençli suşlarının belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışma ile Kahramanmaraş ilinde yerel marketlerden temin edilen doğal Tulum peynirlerinden LAB izolasyonu, fenotipik ve moleküler yöntemlerle tanımlanması ve antibiyotik dirençlilik profilinin belirlenerek gıda güvenliği açısından değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

## MATERYAL VE METOT

### Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada Kahramanmaraş' ta yerel marketlerden temin edilen 8 farklı Tulum peyniri örneği soğutucu (+4 °C) içerisinde KSÜ, Gıda Mühendisliği Bölümü, Mikrobiyoloji Laboratuvarı'na getirilmiştir. Peynir örneklerinden 10 gr tartılmış 90 mL % 0,85 (w/v) NaCl içeren steril fizyolojik tuzlu su içerisinde homojenize edilmiştir. Dilüsyondan 1:9 oranında, 10<sup>-5</sup> seyreltme oranına kadar seri dilüsyonları hazırlanmıştır.

### Laktik Asit Bakteri İzolasyonu ve Tanımlanması

Laktik asit bakteri izolasyonu için hazırlanan dilüsyonlardan de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) broth (Merck, Darmstadt, Germany) ve de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) agar (Merck, Darmstadt, Germany) besiyerlerine ekimler yapılmış, 37°C' da 24-48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda gelişen kolonilerin morfolojileri incelenmiş ve renk, tekstür, yayılım, kenar özelliklerine göre farklılık arz eden koloniler seçilerek sıvı besiyerine alınmış ve tekrar inkübe edilmiştir. Ardından çizme yöntemi ile agar yüzeyine çizme işlemi ile seçilen koloniler saflaştırılmıştır. İzolatların Gram özellikleri, katalaz enzimine sahip olup olmadıkları tespit edilmiştir (Gobbetti vd., 2005). Katalaz (-), Gram (+) reaksiyon veren saf kolonilerden PCR metodu uygulanarak 16S ribozomal rRNA bölgesini hedef alan tasarlanmış tür spesifik primerlerle (Tablo 1) bakteri tanımlaması yapılmıştır. PCR işlemi için 4µl 5X Firepol Master Mix (Solis Biodyne, Estonya), 1'er µl ileri ve geri primerler, 1 µl DNA örneği ve 13 µl dH<sub>2</sub>O içeren 20 µl reaksiyon karışımı hazırlanmıştır. PCR koşulları ise; 95°C' da 5 dk (ilk ayrışma), 95°C' da 1 dk (denatürasyon), bağlanma sıcaklığında 1 dk., 72°C' da 1dk. (uzama) ve 72°C' da 4 dk. 30 döngü olarak uygulanmıştır (Veriti™ 96-Well Fast Thermal Cycler, Hollanda). PCR ürünleri, 1X TBE (90 mM Tris Base; 90 mM Borik Asit; 2 mM EDTA; pH 8.0) tampon çözeltisi içerisinde % 1'lik agaroz jelde 100 V, 250 mA şartlarda 40 dk. yürütülmüş (PowerPac Basic, Bio Rad, UK) ve UV ışığı altında (UVT 20-M, Herolab) görüntülenmiştir.

**Tablo 1.** Türe Spesifik PCR Çalışmalarında Kullanılan Primerlere Ait Dizilim ve Bant Uzunlukları

Hedef bakteri	Dizilim (5'-3')	Bant uzunluğu(bç)	Referans
<i>Lb. plantarum</i>	CCGTTTATGCGGAACACCTA TCGGGATTACCAAACATCAC	318	Walter vd., 2000
<i>Lb. paracasei</i>	GCACCGAGATTCAACATGGAA GCCATCTTTCAGCCAAGAACC	320	Tabasco vd., 2007

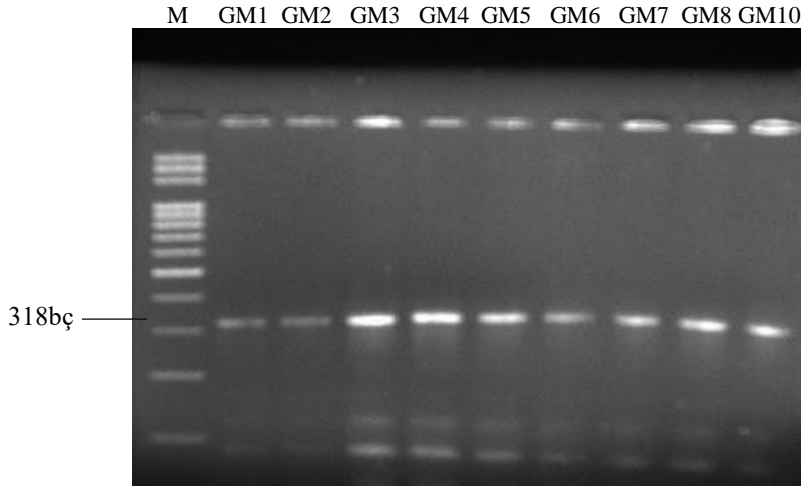
### Laktik Asit Bakterilerinin Antibiyotik Dirençliliğinin Fenotipik Olarak Belirlenmesi

LAB suşlarının antibiyotiklere karşı olan direncini belirlemede disk difüzyon yöntemi kullanılmıştır. Saf kültür halinde elde edilen bakteri suşları 12 saat sonunda, Muller-Hinton Agar (MHA) besiyeri üzerine yayılmıştır. Antibiyotik diskler besiyerleri üzerine yerleştirilerek 37 °C'da 24 saat inkübe edilmiştir. Antibiyotik disk olarak vankomisin (30 µg) kanamisin (30 µg), tetrasiklin (10 µg), eritromisin (15 µg), kloramfenikol (30 µg), streptomisin (10 µg), ampicilin (10 µg), penisilin (10 µg), rifampisin (5 µg) antibiyogram diskleri (Bioanalyse, Türkiye) kullanılmıştır. İnkübasyon sonunda antibiyotik diskler etrafında oluşan inhibisyon zon çapları elektronik kumpas yardımıyla milimetrik olarak ölçülerek CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) kriterlerine göre değerlendirilmiştir (CLSI, 2012; Çakı ve Tümen, 1990).

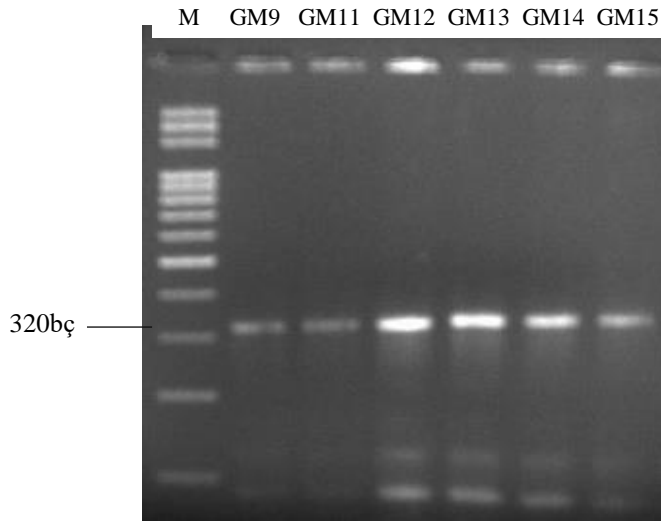
## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

### Bakterilerin Tanımlanması

Tulum peynirlerinden elde edilen 38 izolattan 15 izolat Gram (+) ve katalaz (-) reaksiyon göstermiştir. Elde edilen izolatlar *Lb. plantarum* (9) ve *Lb. paracasei* (6) olmak üzere türe spesifik primerler ile amplifikasyonu sağlanarak moleküler olarak tanımlanmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2).



Şekil 1. *Lb. plantarum* Suşlarına ait PCR Agaroz Jel Görüntüsü (318 bç)



Şekil 2. *Lb. paracasei* Suşlarına ait PCR Agaroz Jel Görüntüsü (320 bç)

Bakteriyel tanımlamada kullanılan ve bakterilerin fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerine dayanan tanı yöntemleri, hem zaman kaybına yol açmakta hem de tek olarak yapıldığında güvenilir sonuç elde etmede yeterli bir yöntem olarak kabul edilmemektedir (Dellaglio vd., 2005). Dolayısıyla 16S rRNA gen dizisindeki farklılıklar kullanılarak PCR ile daha güvenilir identifikasyon yapılabilmektedir (Tabasco vd., 2007; Coeuret vd., 2003). Bu çalışmada izole edilen bakterilerin biyokimyasal tanımlamalarına ilave olarak 16S rRNA gen dizisi farklılıkları göz önüne alınarak tasarlanan primerler ile moleküler olarak da yapılmıştır. Elde edilen izolatların PCR ile amplifikasyonu sonucunda 318 bç'de DNA bandı veren toplam 9 adet *Lb. plantarum* ve 320 bç'de DNA bandı veren 6 adet *Lb. paracasei* türü belirlenmiştir. Moleküler tanımlama ile biyokimyasal tanımlamalar birlikte değerlendirildiğinde daha etkin bir identifikasyon yapılabilmektedir. Bu bağlamda araştırma materyalini oluşturan iki farklı tür biyokimyasal ve moleküler yöntem ile de teyidi yapılarak net bir şekilde belirlenmiştir. Moleküler identifikasyon ile elde edilen bilgiler literatür bilgilerine (Tabasco vd., 2007; Walter vd., 2000) benzerlik göstermektedir.

#### **Laktik Asit Bakterilerine Ait Antibiyotik Dirençliliğin Disk Difüzyon Yöntemi ile Belirlenmesi**

Antibiyotik kullanımında ortaya çıkan büyük tehdit, antibiyotik dirençliliğin patojen türler arasında yayılması ile daha önceden başarılı şekilde tedavi edilen hastalıkların artık tedavi edilemez olmasıdır. Çiğ süttten üretilmiş tulum peyniri gibi gıdalarda antibiyotik dirençliliğe sahip bakterilerin doğrudan insan sindirim sistemine ulaşabildiği bunun da gıda zincirinde, antibiyotik dirençli mikroorganizmaların hayvan ve insan popülasyonları arasında yayılımına yol açtığı düşünülmektedir (Colautti vd., 2022).

Tulum peynirlerinden izole edilen 9 adet *Lb. plantarum* ve 6 adet *Lb. paracasei* suşlarının vankomisin, kloramfenikol, streptomisin, rifampisin, tetrasiklin, kanamisin, ampisilin, gentamisin ve penisilin antibiyotiklerine dirençleri disk difüzyon tekniği kullanılarak CLSI (2012) kriterlerine göre test edilmiştir. Laktik asit bakterilerine

ait antibiyogram test sonuçları ve standart antibiyotiklere ait karşılaştırma değerleri (Ammor vd., 2008) Tablo 2' de verilmiştir.

**Tablo 2.** Standart Antibiyotiklerin Karşılaştırma Değerleri

Antibiyotik	Disk içeriği (µg)	Dirençli (R)	Orta derecede duyarlı (I)	Duyarlı (S)
Kanamisin (K)	30	≤13	14-17	≥18
Eritromisin (E)	15	≤15	16-20	≥21
Streptomisin (S)	10	≤11	12-14	>15
Rifampisin (RA)	5	≤16	17-19	≥20
Gentamisin (GM)	10	≤12	13-14	≥15
Tetrasiklin (TE)	10	≤11	12-14	≥15
Kloramfenikol (C)	30	≤12	13-17	≥18
Penisilin(P)	10	≤14	15-17	≥18
Vankomisin (VA)	30	≤9	10-11	≥12
Ampisilin (AM)	10	≤21	22-28	≥29

**Tablo 3.** Laktik Asit Bakterilerinin Antibiyotiklere Karşı Göstermiş Olduğu Duyarlılık-Dirençliliğe Ait Zon Çapları (mm)\*

Laktik asit bakterisi suşları	Antibiyotikler									
	K	E	S	RA	GM	TE	C	P	VA	AM
<i>Lb. plantarum</i> GM1	5 R	8 R	5 R	5 R	5 R	5 R	5 R	5 R	8 R	8 R
<i>Lb. plantarum</i> GM2	8 R	8 R	6 R	9 R	8 R	10 R	8 R	10 R	9 R	12 R
<i>Lb. plantarum</i> GM3	5 R	6 R	6 R	6 R	5 R	6 R	6 R	8 R	6 R	7 R
<i>Lb. plantarum</i> GM4	6 R	12 R	8 R	9 R	5 R	10 R	5 R	8 R	6 R	8 R
<i>Lb. plantarum</i> GM5	7 R	6 R	8 R	6 R	6 R	12 I	5 R	8 R	12 S	5 R
<i>Lb. plantarum</i> GM6	6 R	6 R	5 R	6 R	5 R	5 R	5 R	5 R	5 R	5 R
<i>Lb. plantarum</i> GM7	6 R	6 R	5 R	6 R	6 R	15 I	5 R	6 R	15 S	6 R
<i>Lb. plantarum</i> GM8	7 R	6 R	6 R	15 R	6 R	15 I	6 R	6 R	10 I	15 R
<i>Lb. paracasei</i> GM9	8 R	15 R	9 R	16 R	6 R	16 S	10 S	19 S	10 I	18 R
<i>Lb. plantarum</i> GM10	12 R	21 S	8 R	14 R	5 R	10 R	7 R	19 S	15 S	22 I
<i>Lb. paracasei</i> GM11	13 R	23 S	7 R	20 S	17 S	15 I	13 S	20 S	8 R	12 R
<i>Lb. paracasei</i> GM12	10 R	10 R	9 R	21 S	9 R	17 S	15 S	21 S	9 R	14 R
<i>Lb. paracasei</i> GM13	8 R	8 R	11 R	24 S	7 R	18 S	17 S	22 S	9 R	15 R
<i>Lb. paracasei</i> GM14	7 R	14 R	10 R	18 I	16 S	12 R	16 S	20 S	8 R	24 I
<i>Lb. paracasei</i> GM15	6 R	16 I	8 R	21 S	15 S	15 S	14 S	21 S	9 R	25 I

\*R (resistant-dirençli), I (intermediary-orta düzeyde dirençli ya da duyarlı), S (sensitive-duyarlı). Kanamisin (K), Eritromisin (E), Streptomisin (S), Rifampisin (RA), Gentamisin (GM), Tetrasiklin (TE), Kloramfenikol (C), Penisilin(P), Vankomisin (VA), Ampisilin (AM)

Antibiyotik dirençlilik denemeleri sonucunda izole edilen LAB'ın klinik tedavilerde kullanılan bazı antibiyotiklere karşı dirençli oldukları tespit edilmiştir. 15 *Lactobacillus* spp. izolatının tamamı (% 100) kanamisin, streptomisin ve ampisiline, 13'ü (% 86,6) eritromisin, 12'si (% 80) gentamisin ve vankomisine, 11'i (% 73,3) rifampisine ve tetrasikline, 9'u (% 60) kloramfenikole, 8'i (% 53,3) penisiline dirençli olduğu bulunmuştur. Akçay ve Gündoğan (2019) yaptıkları çalışmada peynir ver çiğ süt örneklerinden izole ettikleri *Lactobacillus* türlerinin antibiyotik dirençliliklerini incelemişler ve izolatların ampisiline (%73,5) karşı oldukça dirençli, ancak tetrasiklin (% 14,7), penisilin (%8,8), kloramfenikol (%5,8) ve eritromisine (%2,9) duyarlı olduğunu belirtmişlerdir.

Bununla birlikte çalışmada *Lb. paracasei* suşlarının tümü kanamisin'e karşı dirençli, kloramfenikol ve penisiline karşı ise %100 duyarlı bulunmuştur. Aynı zamanda *Lb. paracasei* suşlarının vankomisin ve ampisiline % 100 oranında, eritromisine % 83,3 oranında, gentamisine % 50 oranında, rifampisine ve tetrasikline % 33,3 oranında dirençli olduğu belirlenmiştir. *Lb. plantarum* suşlarının tamamının kanamisin, streptomisin, rifampisin, gentamisin, tetrasiklin, kloramfenikol ve ampisiline karşı çoklu direnç özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Han vd. (2015), yaptıkları çalışmada ise Laktobasil suşlarının kanamisin, basitrasin, nalidiksik asit ve multi polimiksine karşı % 100 dirençli oldukları belirlenmiştir.

Ayrıca *Lb. plantarum* suşlarının eritromisin, penisilin (% 88,88) ve vankomisine (% 66,6) dirençli olduğu da belirlenmiştir (Şekil 3). Ancak *Lb. plantarum* olarak tanımlaması yapılan GM5, GM7, GM10 izolatlarının ise vankomisine karşı duyarlı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3; Şekil 4).





**Şekil 3.** GM1 Suşunun Penisilin, Kloramfenikol, Vankomisin ve Eritromisine Karşı Göstermiş Olduğu Dirençliliğe Ait Görüntü



**Şekil 4.** GM7 İzolatının Vankomisin Antibiyotiğine Karşı Göstermiş Olduğu Duyarlılığa Ait Zon Çapı (mm) Görüntüsü

Elde edilen veriler, tulum peynirinde bulunan *Lb. plantarum* ve *Lb paracasei*' nin sahip oldukları antibiyotik dirençliliği patojen ve patojen olmayan bakterilere aktarma olasılıklarının olduğunu düşündürmektedir. Günümüzde tüm dünyada enfeksiyon hastalıklarını tedavi için hızla yeni antibiyotik türü ilaçlar geliştirilmektedir. Yine son zamanlarda antibiyotiklerin kullanımı ve zararları ülkemizde çok tartışılan konular arasındadır. Birleşmiş Milletler tarafından açıklanan raporda ise 2050 yılında, yılda yaklaşık 10 milyon ölümün antimikrobiyel dirence bağlı enfeksiyon hastalıklarını tedavi edememeye yönelik ölümlerin oluşturacağı yer almaktadır (Orhan, 2021). Sonuç olarak; insan ve hayvan sağlığında sorunların çözülmesinde kullanılan antibiyotiklerin etkinliği son zamanlarda azalmıştır. Bunun da sebebi laktik asit bakterilerinin antibiyotik direnç genini patojenlere taşıma olasılığıdır. Bu sebeple gıda sanayinde kullanılan laktik asit bakterilerinin antibiyotik direnç riski belirlenmeli ve antibiyotik direnci olan laktik asit bakterilerinin kullanılmamasına özen gösterilmelidir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Koordinasyon Birimi başkanlığı tarafından 2016/6-24YLS no'lu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı KSÜ-BAP birimine teşekkür ederiz. Çalışma, Gül KÜÇÜKÖNDER'in yüksek lisans tez çalışmasının büyük bir bölümünü kapsamaktadır. Öğr. Gör. Dr. Tuğba KARABEKMEZ ERDEM ve Arş. Gör. Sermet AYMAN laboratuvar çalışmalarının moleküler tanımlama bölümüne destek sağlamışlardır.

## KAYNAKLAR

Akçay, D., & Gündoğan, N. (2019). Çiğ süt ve peynir örneklerinden izole edilen *Lactobacillus* tür'lerinin slime ve biyofilm oluşumları ile antibiyotik dirençliliklerinin incelenmesi. In 2019 3<sup>rd</sup> International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies (ISAS) 4(1), (pp. 634-639). SETSCI.

- Ammor, M. S., Florez, A. B., & Mayo, B. (2007). Antibiotic resistance in non-enterococcal lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Food Microbiology*, 24, 559-570. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.11.001>
- Ammor, M. S., Gueimonde, M., Danielsen, M., Zagorec, M., van Hoek, A. H. A. M., de los Reyes-Gavila'n, C. G., Baltasar, M. & Margolles, A. (2008). Two different tetracycline resistance mechanisms, plasmid-carried *tet(L)* and chromosomally located transposon-associated *tet(M)*, coexist in *Lactobacillus sakei* rits 9. *Applied and Environmental Microbiology*, 74 (5), 1394-1401. <https://doi.org/10.1128/AEM.01463-07>
- Coeuret, V., Dubernet, S., Bernardeau, M., Gueguen, M., & Vernoux, J. P. (2003). Isolation, characterisation and identification of lactobacilli focusing mainly on cheeses and other dairy products. *Le Lait*, 83(4), 269-306. <https://doi.org/10.1051/lait:2003019>
- Colautti, A., Arnoldi, M., Comi, G., & Iacumin, L. (2022). Antibiotic resistance and virulence factors in lactobacilli: something to carefully consider. *Food Microbiology*, 103, 103934. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103934>
- Courvalin, P., (2006). Antibiotic Resistance: The Pros and Cons of Probiotics. *Digestive and Liver Disease*, 38, 261-265. [https://doi.org/10.1016/S1590-8658\(07\)60006-1](https://doi.org/10.1016/S1590-8658(07)60006-1)
- Danielsen, M. (2002). Characterization of the tetracycline resistance plasmid pMD5057 from *Lactobacillus plantarum* 5057 reveals a composite structure. *Plasmid*, 48, 98-103. [https://doi.org/10.1016/S0147-619X\(02\)00118-X](https://doi.org/10.1016/S0147-619X(02)00118-X)
- Dellaglio, F., Felis, G. E., Castioni, A., Torriani, S., & Germond, J. E. (2005). *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *indicus* subsp. nov., isolated from Indian dairy products. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55(1), 401-404. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.63067-0>
- Egervarn, M., Lindmark, H., Olsson, J., & Roos, S. (2010). Transferability of tetracycline resistance gene from probiotic *Lactobacillus reuteri* to bacteria in the gastrointestinal tract of humans. *Antonie van Leeuwenhoek*, 97, 189-200. <https://doi.org/10.1007/s10482-009-9401-0>
- Furet, J-P., Quenee, P., & Tailliez, P. (2004). Molecular quantification of lactic acid bacteria in fermented milk products using real-time quantitative PCR. *Int. Journal of Food Microbiology*, 97(2), 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.04.020>
- Gevers, D., Huys, G., Devlieghere, F., Uyttendaele, M., Debevere, J., & Swings, J. (2000). Isolation and identification of tetracycline resistance lactic acid bacteria from pre-packed sliced meat products. *Systematic and Applied Microbiology*, 23, 279-284. [https://doi.org/10.1016/S0723-2020\(00\)80015-6](https://doi.org/10.1016/S0723-2020(00)80015-6)
- Gobbetti, M., Angelis, M., Corsetti, A., & Cagno, R. (2005). Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria. *Trends in Food Science & Technology*, 16, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.013>
- Han, J., Chen, D., Li, S., Li, X., Zhou, W. W., Zhang, B., & Jia, Y. (2015). Antibiotic susceptibility of potentially probiotic *Lactobacillus* strains. *Italian Journal of Food Science*, 27(3), 282-289.
- Herreos, M. A., Sandoval, H., Gonzalez, L., Castroj, J. M., Frenso, J. M., & Tornadijo, M. E. (2005). Antimicrobial activity and antibiotic resistance of lactic acid bacteria isolated from armada cheese (a Spanish goats' milk cheese) Spain. *Food Microbiology*, 22, 455-459. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2004.11.007>
- Leroy, F., & De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends Food Sci. Technol.* 15, 67- 68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.004>
- Madhavan, H. N., & Sowmiya, M. (2011). Mechanisms of development of antibiotic resistance in bacteria among clinical specimens. *Journal of Clinical and Biomedical Sciences*, 1, 42-48.
- Meral, H. & Korukluoğlu, M. (2014). Laktik Asit Bakterilerinin Antibiyotik Direnç Mekanizmaları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28 (2) , 71-82 .
- Orhan, Z. (2021). Metisiline Dirençli *Staphylococcus aureus* Tedavisinde Kullanılan Antibiyotiklerin Genotipik Direnç Mekanizmaları. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 30(3), 177-184. <https://doi.org/10.17827/aktd.889472>
- Özkan, E. R., Demirci, T., & Akın, N. (2021). In vitro assessment of probiotic and virulence potential of *Enterococcus faecium* strains derived from artisanal goatskin casing Tulum cheeses produced in central Taurus Mountains of Turkey. *LWT*, 141, 110908. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110908>

- Sharma, P., Tomar, S. K., Goswami, P., Sangwan, V., & Singh, R. (2014). Antibiotic resistance among commercially available probiotics- A Review. *Food Research International*, 57, 176-195. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.025>
- Tabasco, R., Paarup, T., Janer, C., Peláez C., & Requena, T. (2007). Selective enumeration and identification of mixed cultures of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. acidophilus*, *L. paracasei* subsp. *paracasei* and *Bifidobacterium lactis* in fermented milk. *International Dairy Journal*, 17(9), 1107–1114. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.01.010>
- Tavşanlı, H., Mus, T. E., Cetinkaya, F., Aynaoglu, E., & Cibik, R. (2021). Isolation of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* from nature: Technological characterisation and antibiotic resistance. *Czech Journal of Food Sciences*, 39(4), 305-311. <https://doi.org/10.17221/296/2020-CJFS>
- Terkuran, M., Turhan, E. Ü., & Erginkaya, Z. (2019). The risk of vancomycin resistant enterococci infections from food industry. In A. Malik, Z. Erginkaya, & H. Erten, (Eds.). *Health and Safety Aspects of Food Processing Technologies* (pp. 513-535). Springer, Cham.
- Walter, J., Tannock, G. W., Tilsala-Timisjarvi, A., Rodtong, S., Loach, D. M., Munro, K., & Alatossava, T. (2000). Detection and identification of gastrointestinal *Lactobacillus* species by using denaturing gradient gel electrophoresis and species-specific PCR primers. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(1), 297-303. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.1.297-303.2000>
- Yalanca, İ. (2009). Geleneksel Et ürünlerinden izole edilen laktik asit bakterilerinin antibiyotik direncinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Adana.
- Yerlikaya, O., Gucer, L., Akan, E., Meric, S., Aydin, E., & Kinik, O. (2021). Benzoic acid formation and its relationship with microbial properties in traditional Turkish cheese varieties. *Food Bioscience*, 41, 101040. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101040>
- Zapaśnik, A., Sokołowska, B., & Bryła, M. (2022). Role of lactic acid bacteria in food preservation and safety. *Foods*, 11(9), 1283. <https://doi.org/10.3390/foods11091283>



# Kahramanmaraş Sutcu Imam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 10.08.2022  
Kabul Tarihi : 22.09.2022

Received Date : 10.08.2022  
Accepted Date : 22.09.2022

### DADAĞLI (KAHRAMANMARAŞ) BÖLGESİNDE KARBONATLI KAYAÇLAR İLE İLİŞKİLİ DAMAR TİPİ Pb-Zn CEVHERLEŞMESİNİN MİKROTERMOMETRİK ÖZELLİKLERİ

### MICROTHERMOMETRIC PROPERTIES OF CARBONATE HOSTED VEIN TYPE Pb-Zn MINERALIZATION IN DADAĞLI (KAHRAMANMARAŞ)

Cihan YALÇIN<sup>1\*</sup> (ORCID: 0000-0002-0510-2992)

Yusuf URAS<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0001-5561-3275)

<sup>1</sup> Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Bölgeleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Cihan YALÇIN, cihan.yalcin@sanayi.gov.tr

#### ÖZET

Dadağlı bölgesi Arap levhasına ait kenar kıvrım kuşağında yer alır. Dadağlı kuzeyindeki Mesozoyik yaşlı karbonatlı kayaçlarda damar tipi baritli kurşun-çinko cevherleşmesi bulunur. Cevher oluşturan çözeltinin kökeni hakkında bilgiler elde etmek için parajenezde yer alan barit ve kuvarsdan sıvı kapanımı ölçümleri yapılmıştır. İki fazlı olan (sıvı ve gaz) kapanımlar da yapılan ölçümlere göre ötektik sıcaklık (Te) değerleri kuvars mineralinde -22,90 ile -21,10 °C, barit mineralinde ise -20,90 ile -19,50 °C arasındadır. Son buz ergime sıcaklıkları (T<sub>mice</sub>) değerleri ise kuvars mineralinde -9,50 ile -4,30 °C arasında barit mineralinde ise -6,50 ile -4,20 °C arasındadır. % NaCl tuzluluk eşdeğerleri kuvars mineralinde 6,88-13,40 arasında, barit mineralinde ise 6,74-9,86 arasındadır. Homojenleşme sıcaklıkları (Th °C) ise her iki mineralde 255,30-310,20 °C arasında olup ortalama 288,15 °C'dir. Kapanımların basınç değerlerine bakıldığında hem kuvars hem de barit mineralinde benzer değerler elde edilmiş olup ortalama Ph 92,85 bar'dır. Yoğunluk değerlerine bakıldığında ise kuvarsa ait kapanımların barite ait kapanımlara göre nispeten daha yoğun olduğu belirlenmiştir. Homojenleşme sıcaklığı-tuzluluk diyagramlarında kapanımlar epitermal alanlarda dağılım göstermektedir. Ötektik sıcaklık değerleri ve sıcaklığın düşmesi ile artan tuzluluk durumu, çözeltinin H<sub>2</sub>O-NaCl sisteminde olan hidrotermal bir sistemi veya seyreltilmiş formasyonu suyunu işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Karbonat, damar tipi, Pb-Zn, sıvı kapanımı, Dadağlı (Kahramanmaraş)

#### ABSTRACT

The Dadağlı region is still located in the marginal fold belt of the Arabian plate. In the Mesozoic carbonate rocks north of Dadağlı, vein-type barite-bearing lead-zinc mineralization is observed. To obtain information about the origin of the ore-forming solution, fluid inclusion measurements were done from barite and quartz in the paragenesis. According to the measurements done in two-phase (liquid and gas) inclusions, the eutectic temperature (Te) values are between -22.90 and -21.10 °C in quartz minerals and between -20.90 and -19.50 °C in barite minerals. The last ice melting temperatures (T<sub>mice</sub>) values are between -9.50 and -4.30 °C in quartz minerals and between -6.50 and -4.20 °C in barite minerals. % NaCl salinity equivalents are between 6.88-13.40 in quartz minerals and 6.74-9.86 in barite minerals. The homogenization temperatures (Th, °C) are between 255.30-310.20 °C for both minerals, with an average of 288.15 °C. Looking at the pressure values of the inclusions, similar values were obtained for both quartz and barite minerals, with an average pH of 92.85 bar. Dealing with the density values, it was determined that quartz inclusions were rather denser than barite inclusions. In the homogenization temperature-salinity diagrams, the inclusions are distributed in the epithermal areas. The eutectic temperature values and the increasing salinity with

ToCite: YALÇIN, C., URAS, Y., (2022). DADAĞLI (KAHRAMANMARAŞ) BÖLGESİNDE KARBONATLI KAYAÇLAR İLE İLİŞKİLİ DAMAR TİPİ Pb-Zn CEVHERLEŞMESİNİN MİKROTERMOMETRİK ÖZELLİKLERİ. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Özel Sayı), 36-45.

decreasing temperature indicate a hydrothermal system or diluted formation of water in the H<sub>2</sub>O-NaCl system of the solution.

**Keywords:** Carbonate, vein type, Pb-Zn, fluid inclusion, Dadağlı (Kahramanmaraş).

## GİRİŞ

Kahramanmaraş ili jeolojik yapısı itibariyle çeşitli tektonik birimlerin bir arada gözlendiği karmaşık bir bölgedir. Neotetis Okyanusu'nun kapanmasıyla Toros Orojenik Kuşağı ve Arabistan levhasına ait litolojiler yan yana gelmiştir (Şengör & Yılmaz, 1981). Oldukça karmaşık bir bölge olmasından dolayı Rigo De Righi ve Cortesini (1964) ve Gül (2000) bu bölgedeki tektonostratigrafik birimleri orojenik kuşaklara ayırmıştır.

Cevher bölgesi Neotetis Okyanusu'nun güney kolunun kapandığı bölgeye çok yakındır (Şengör & Yılmaz, 1981). Okyanusun kapanması sonucunda Toros ve Arap levhaları birleşerek kenet kuşakları meydana gelmiştir (Robertson & Dixon, 1984; Yılmaz, 1993; Yılmaz vd. 1987; 1988; Yiğitbaş, 1989; Robertson et al. 2004). Bu bölgenin kuzey-güney yönlü bir sıkışma dönemi geçirdiği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Kurşun ve çinko yatakları volkanojenik masif sülfid (VMS), sedimanter-eksalatif (SEDEX) ve Missisipi vadisi tipi (MVT) şeklinde genel olarak tanımlanmasına rağmen skarn ve epitermal yataklarda da oluşmaktadır (Davidheiser-Kroll, 2014). Tektonik konum olarak karbonat platformu içeren ortamlarda, deforme olmamış orojenik önülke kayaçlarında, önülke bindirme kuşaklarında ve rift zonlarında bulunurlar (Leach & Sangster, 1993).

Türkiye'deki karbonatlı kayaçlarda gözlenen Pb-Zn yatakları, Alp-Himalaya Orojenik Sistemlerinin bir parçasıdır (Hanilçi vd. 2019). Dadağlı Pb-Zn cevherleşmesi, Toros Orojenik Kuşağı'nın güneyinde Arap Platformu'nun kenar kıvrım kuşağında yer alır (Şekil 1). Bu bölgede Cansu ve Öztürk (2020) Paleozoyik yaşlı sedimanter kayaçlarda barit cevherleşmesinin olduğunu ve cevher zonunda galenit ve sfaleritin de olduğunu belirtmiştir. Dadağlı bölgesindeki kurşun-çinko zenginleşmesi karbonatlı kayaçlarda baritle ilişkilidir. Bu sebeple bu cevherleşmeye ait farklı verilerin ortaya konulması bölge metalojenezi için önem arz etmektedir.

Mikrotermometrik ölçümler cevher oluşumunda sıvıların fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemede yaygın olarak kullanılır. Çeşitli jeolojik ortamlarda oluşan minerallerde bulunan sıvı kapanımları akışkanların karakterini yansıttığından dolayı minerallerin oluştuğu ortamlar ve jeolojik süreçler hakkında (bileşim, sıcaklık ve basınç) önemli bilgiler sağlar (Sorby, 1858; Hollister & Crawford, 1981; Roedder, 1984; Shepherd et al. 1985; Anderson et al. 2001; Samson et al. 2003; Lu et al. 2004; Hurai et al. 2015). Bu sebeple özellikle maden yataklarının incelenmesinde yaygın olarak sıvı kapanımı çalışmaları yapılmaktadır (Roeder & Bodnar, 1997; Wilkinson, 2001; Bodnar et al. 2014).

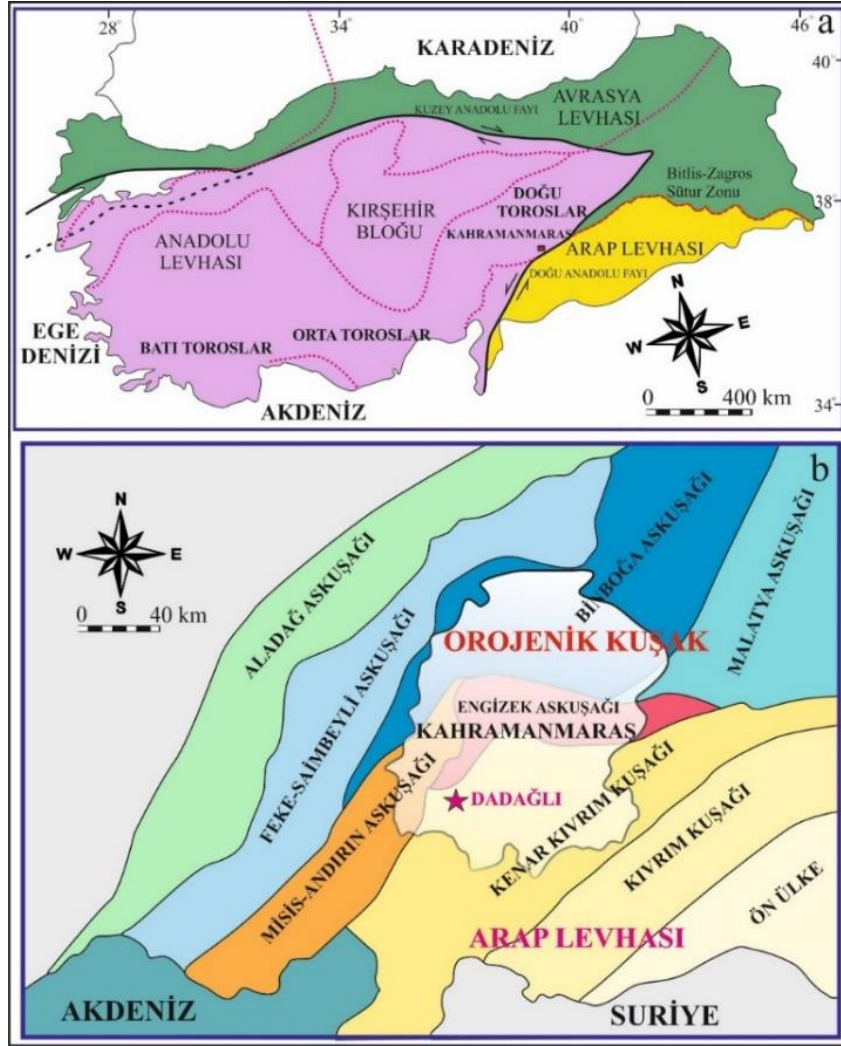
Bu çalışmada Dadağlı bölgesindeki karbonatlarda gözlenen baritli kurşun-çinko zenginleşmesinin mikrotermometrik özellikleri ortaya konulmuştur.

## GENEL JEOLJİ

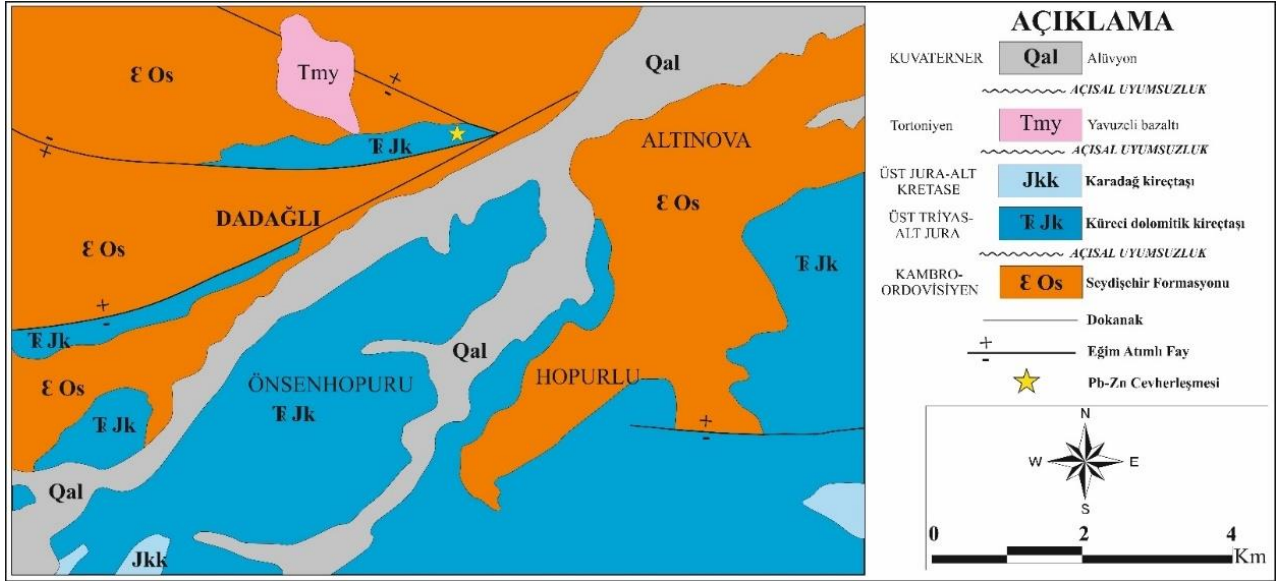
Seydişehir formasyonu inceleme alanının temelini oluşturmaktadır. Kambro-Ordovisiyen yaşlı birim esas olarak şeyl, silttaşı, metakumtaşı ve kuvarsitten oluşmaktadır (Blumenthal, 1947; Dean & Monod, 1990). Bu birimin litolojileri sırasıyla Altınova, Dadağlı ve Hopurlu bölgelerinde gözlenir (Şekil 2). Bu birimi ise Mesozoyik yaşlı karbonatlar açısız uyumsuzlukla üzerlemektedir. Küreci dolomitik kireçtaşları ve Karadağ kireçtaşlarından oluşan Mesozoyik istif Önsenhopuru ve Dadağlı (Şekil 2) civarında gözlenmektedir. Amanos'un bu birimlerini açısız uyumsuzlukla Üst Miyosen yaşlı bazaltlar örter (Yoldemir, 1987; Ulu vd. 1991). Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bölgenin en genç litolojilerini temsil etmektedir.

İnceleme alanı, Türkiye'nin tektonik açıdan en önemli faylarından biri olan Doğu Anadolu Fayı'na (DAF) çok yakındır. Bu nedenle bu bölgedeki deformasyonların kaynağı DAF'ın oluşumundan önceki tektonik yapıların yanı sıra DAF'dan kaynaklı da olabilir. Bu uyarı, bölgede cevher oluşumunda etkili olan fay ve eklem gibi faktörlerin önemi için yapılmıştır. Çünkü bölgede çok sayıda fay gözlenmektedir (Şekil 2). Bu fayların etkisiyle kayalar deforme

olmuş ve sıvıların hareketine bağlı olarak damar tipi cevherleşmeler gelişmiştir. Ayrıca bu damarların çevresindeki kayalarda ezik ve altere zonlar bulunmaktadır.



Şekil 1. a. İnceleme Alanının Tektonik Konumu (Işık, 2016'dan değiştirilmiştir) b. Gül (2000)'e Göre Dadağlı Cevherleşmesinin Konumu



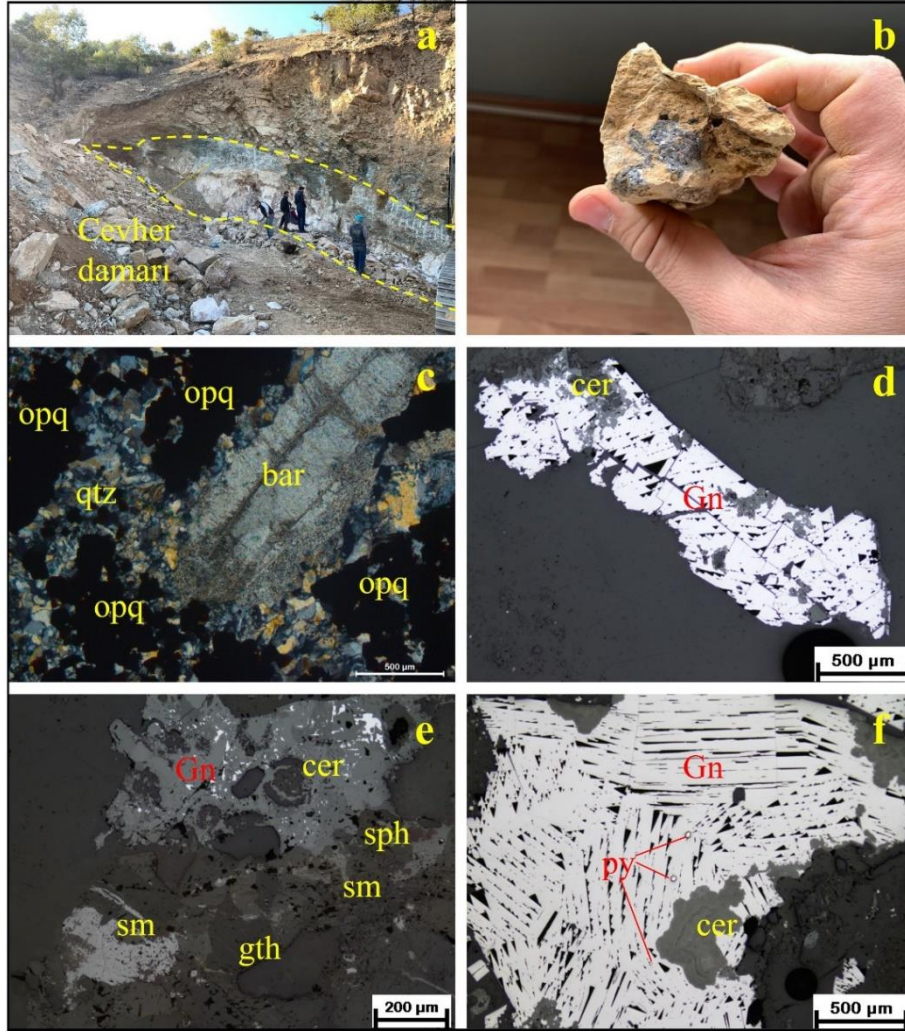
Şekil 2. İnceleme Alanının Jeoloji Haritası (Herece, 2008'den değiştirilmiştir)

### Cevherleşme

Pb-Zn cevherleşmesi Dadağlı kuzeyindeki dolomitik kireçtaşları içerisinde gelişen fay zonlarında gözlenir. Damar tipi şeklinde gözlenen cevherleşme epijenetik oluşumludur (Şekil 3a). Bu bölgedeki karbonatlarda kırık ve çatlaklarda gözlenen cevherleşme ortalama 1 metre kalınlığında 200 metre uzunluğundadır. Cevher zonu oldukça alteredir (hematiitleşme, karbonatlaşma). El örneklerinde galenit ve smitsonit mineralleri yaygın olarak gözlenir (Şekil 3b).

Cevher zonundan derlenen örneklerin ince kesit incelemesinde barit ve kuvars damarları ile ilişkili opak minerallerinin geliştiği belirlenmiştir (Şekil 3c). Cevher mikroskobisi çalışmalarında ise galenit-seruzit (Şekil 3d-e-f), sfalerit-smitsonit (Şekil 3e) dönüşümleri ve galenitlerde de pirit kapanımları (Şekil 3f) tespit edilmiştir. Birçok örnekte pirit-götit dönüşümlerine de rastlanmaktadır (Şekil 3e).

Akben vd. 2021 tarafından yapılan çalışmada bu bölgede barit ve kuvars damarları ile ilişkili Pb-Zn cevherleşmesinin olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada Pb'nin % 4-56 (ortalama % 29) ve Zn'nin ise % 0.07-0.10 (ortalama % 0.02) aralıklarında olduğu belirtilmiştir.



**Şekil 3. a.** Cevher Damarının Genel Görünümü **b.** Cevherin El Örneği **c.** Cevher Damarının Polarizan Mikroskop Görüntüsü (Kısaltmalar; opq: Opak Mineral, qtz: Kuvars, bar: Barit) **d.** Galenit-Seruzit Dönüşümü (Kısaltmalar; Gn: galenit, cer: Seruzit) **e.** Sfalerit-Smitsonit, Galenit-Seruzit Dönüşümleri Ve Götit (Kısaltmalar; sph: Sfalerit, sm: Smitsonit, gth: Götit) **f.** Galen İçinde Pirit Kapanımları (Kısaltma; py: Pirit)

## MATERYAL VE METOT

Araziden derlenen cevher örneklerinden barit ve kuvars mineralleri seçilmiş ve sıvı kapanımı çalışmaları için örnekler hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin mikrotermometrik ölçümleri İstanbul Teknik Üniversitesi Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarında yapılmıştır. Isıtma-soğutma sistemine entegre LinkamTHMG-600, Leica DFC-320, Leica DM 2500 ve Nikon SMZ800N cihazları kullanılmıştır. 5 adet kuvars ve 5 adet barit olmak üzere toplam 10 adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde birincil kapanımlardan ötektik sıcaklık ( $T_e$ °C), son buz ergime sıcaklıkları ( $T_{m-ice}$ °C) ve homojenleşme sıcaklığı ( $T_h$ °C) ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerden her bir kapanım için elde edilen ergime sıcaklıkları Bodnar (1993)'ün eşitliğinden yararlanılarak kapanıma ait % NaCl eşdeğerleri hesaplanmıştır (Tablo 1). Sonrasında ise Steele-MacInnis vd. (2012) tarafından hazırlanan HOKIEFLINCS\_H<sub>2</sub>O-NaCl Microsoft excel uygulamasında ölçümlerin yoğunluk ve basınç değerleri (Tablo 1) belirlenmiştir (Bodnar, 1993).

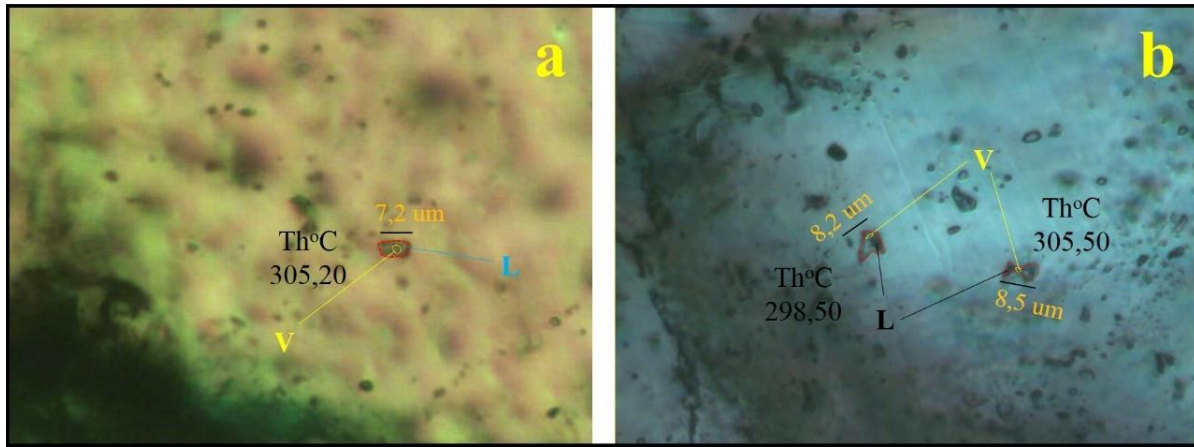


**Tablo 1.** Dadağlı Pb-Zn Zenginleşmesinin Mikrotermometrik Özellikleri

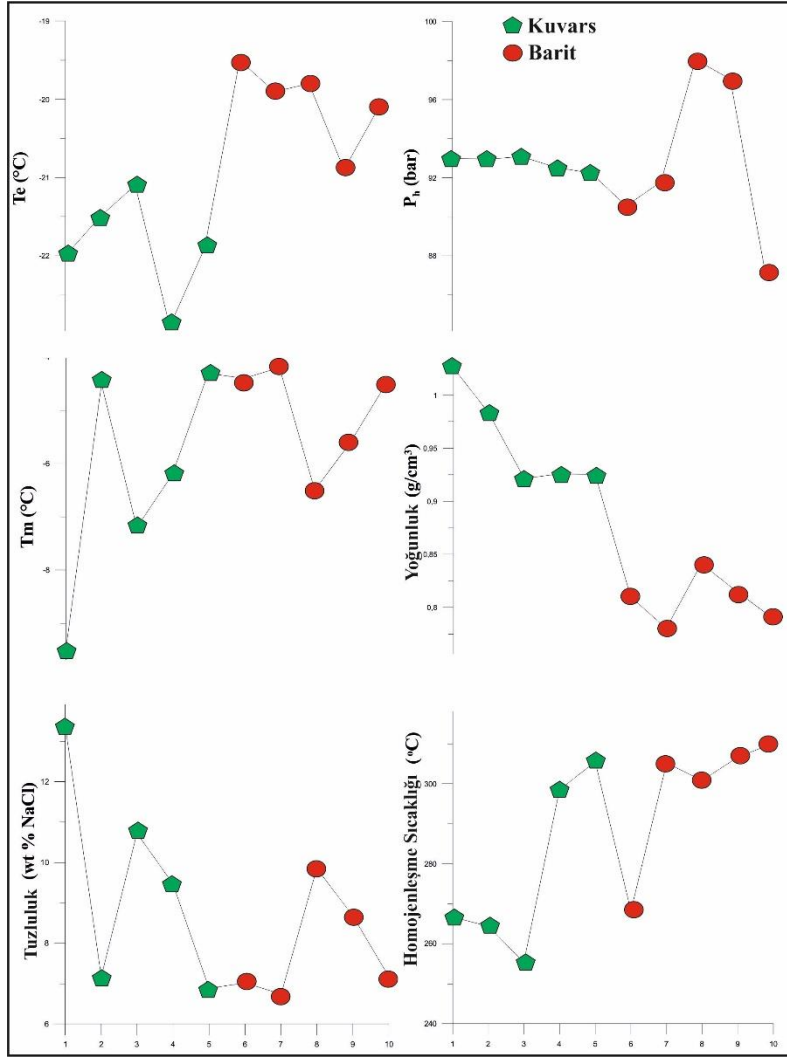
ÖRNEK	Mineral	T <sub>e</sub> (°C)	T <sub>m</sub> (°C)	faz	T <sub>h</sub> L-V	Tuzluluk wt% NaCl	T <sub>h</sub> (°C)	P <sub>h</sub> (bar)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )
KDG-1	Kuvars	-22,00	-9,50	buz	266,70	13,40	266,70	93,00	1,03
KDG-2	Kuvars	-21,50	-4,50	buz	264,40	7,17	264,40	92,94	0,98
KDG-3	Kuvars	-21,10	-7,20	buz	255,30	10,73	255,30	93,10	0,92
KDG-4	Kuvars	-22,90	-6,20	buz	298,50	9,47	298,50	92,52	0,93
KDG-5	Kuvars	-21,90	-4,30	buz	305,50	6,88	305,50	92,25	0,93
KDG-6	Barit	-19,50	-4,40	buz	268,20	7,02	268,20	90,55	0,81
KDG-7	Barit	-19,90	-4,20	buz	305,20	6,74	305,20	91,79	0,78
KDG-8	Barit	-19,80	-6,50	buz	300,90	9,86	300,90	98,07	0,84
KDG-9	Barit	-20,90	-5,60	buz	306,60	8,68	306,60	97,07	0,81
KDG-10	Barit	-20,10	-4,50	buz	310,20	7,17	310,20	87,20	0,79
ORTALAMA		-20,96	-5,69		288,15	8,71	288,15	92,85	0,88

### SIVI KAPANIMI

Cevher zonlarında cevherleşme ile ilişkili barit ve kuvars minerallerinde tespit edilen sıvı kapanımların petrografisi (Roedder, 1984; Kerkhof & Hein 2001) yapılmıştır. Birincil ve ikincil kapanımların görüldüğü örneklerde genel olarak sıvı (L) ve gaz (V) fazlı kapanımlar gözlenmektedir (Şekil 4). Sıvı fazının gaz fazına oranla daha büyük olduğu ve kapanımların boyutunun 7,2-8,5 µm arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4). Pb-Zn cevherleşmesi ile ilişkili mikrotermometrik ölçümler kuvars ve barit minerallerinde belirlenen birincil kapanımlardan yapılmıştır.

**Şekil 4.** Cevherleşme İlişkili Birincil Kapanımların Genel Görünümü **a.** Barit **b.** Kuvars

Yapılan ölçümlere göre ötektik sıcaklık (T<sub>e</sub>) değerleri kuvars mineralinde -22,90 ile -21,10 °C, barit mineralinde ise -20,90 ile -19,50 °C arasındadır (Şekil 5). T<sub>m</sub> değerleri ise kuvars mineralinde -9,50 ile -4,30 °C arasında barit mineralinde ise -6,50 ile -4,20 °C arasındadır. Elde edilen son buz ergime sıcaklıkları (T<sub>m</sub>) Bodnar'ın (1993) eşitliğine göre değerlendirilmiş ve % NaCl tuzluluk eşdeğerleri olacak şekilde hesaplanmıştır (Tablo 1). % NaCl tuzluluk eşdeğerleri kuvars mineralinde 6,88-13,40 arasında, barit mineralinde ise 6,74-9,86 arasındadır. Homojenleşme sıcaklıkları (T<sub>h</sub>, °C) ise her iki mineralde 255,30-310,20 °C arasında olup (Şekil 5) ortalama 288,15 °C'dir (Tablo 1). Kapanımların basınç değerlerine bakıldığında hem kuvars hem de barit mineralinde benzer değerler elde edilmiş olup ortalama P<sub>h</sub> 92,85 bar'dır (Şekil 5). Yoğunluk değerlerine bakıldığında ise kuvarsa ait kapanımların barite ait kapanımlara göre nispeten daha yoğun olduğu belirlenmiş olup (Şekil 5) her iki kapanımın ortalama değeri 0,88 g/cm<sup>3</sup>'tür.



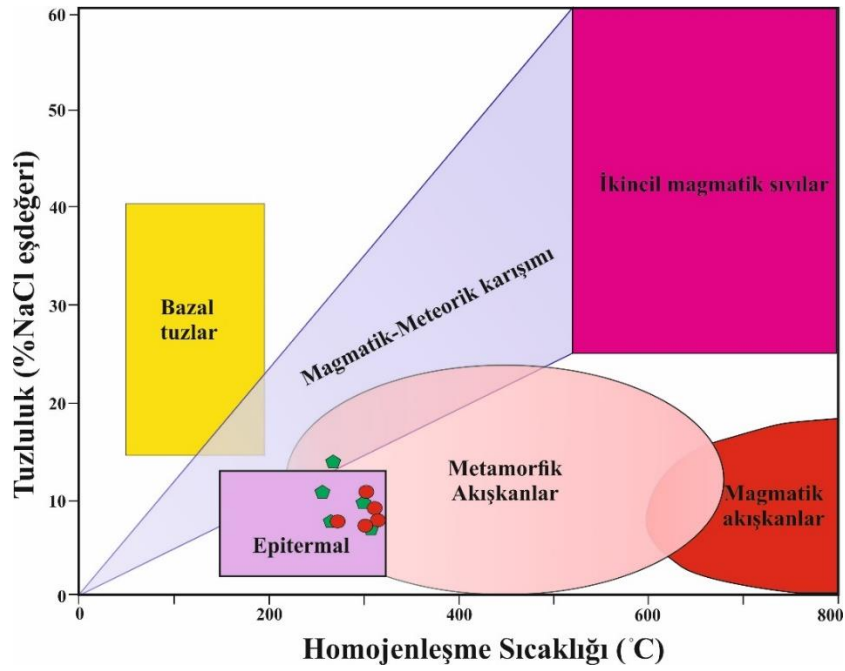
Şekil 5. Kuvars ve Baritten Elde Edilen Mikrotermometrik Ölçümlere Ait Diyagramlar

Homojenleşme sıcaklığı-%NaCl tuzluluk değerlerini kullanarak farklı kökene sahip akışkanların belirlendiği diyagramda (Bean, 1983) barit ve kuvars kapanımları magmatik-meteorik akışkanlar ve epitermal alanda yoğunlaşmıştır (Şekil 6). Farklı tipteki yataklarda elde edilen ortalama Homojenleşme Sıcaklığı-Tuzluluk değerlerine göre (Roedder, 1984; Willkinson, 2001) de kapanımlar epitermal alanda dağılım göstermektedir (Şekil 7).

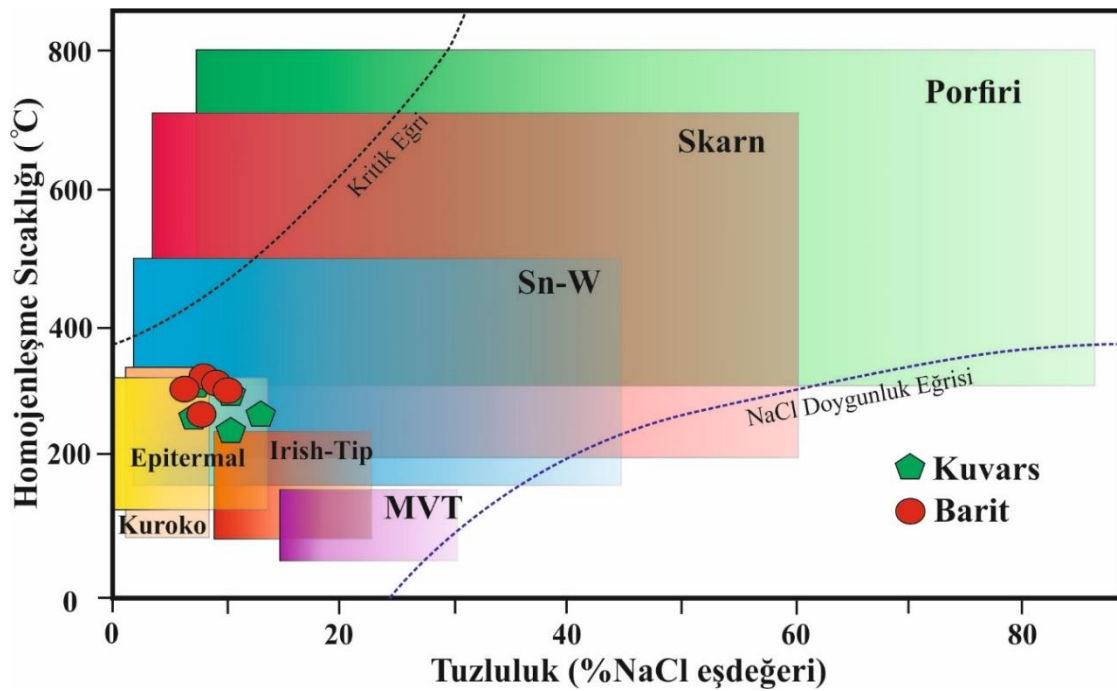
Pb-Zn cevherleşmesinin görüldüğü kuvars ve barit damarlarında mikrotermometrik ölçüm değerleri Roedder (1979) ve Shephard et al. (1985) tarafından geliştirilen tablolara göre değerlendirilmiştir. Buna göre Te değerleri çözeltinin H<sub>2</sub>O ve NaCl açısından zengin olduğunu göstermektedir (Crawford, 1981; Roedder, 1984). Sıvılarda sıcaklığın düşmesi ile tuzluluğun arttığı görülmektedir. Cevher oluşturan çözelti seyreltilmiş formasyon suyunu veya hidrotermal bir sistemi işaret etmektedir.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Cansu ve Öztürk (2020) Dadağlı bölgesine yakın Şekeroba ve Önsen baritlerinde sıvı kapanımı ölçümleri yapmıştır. Yazarlar bu çalışmada Şekeroba'da 9.86-20.22% ve Önsen'de ise 3.39-14.87% tuzluluk değerleri elde etmiştir. Bu çalışmada ise barit ve kuvarslarda 6,74-13,40% tuzluluk değerleri elde edilmiş nispeten Önsen baritlerine benzer bir karakter sergilediği söylenebilir. Yalçın (2022) Dadağlı civarındaki barit oluşumuna ait ilksel verilerde BaO değerlerinin %65,07'ye kadar ulaştığını ve SrO bakımından fakir olan cevherleşmenin damar tipi şeklinde olduğunu belirtmiştir.



Şekil 6. Homojenleşme Sıcaklığı-Tuzluluk Değerlerinin Farklı Kökene Sahip Akışkanlar İçin Kullanıldığı Diyagramda Barit ve Kuvarsların Dağılımı (Bean, 1983; Bodnar, 1999)



Şekil 6. Kuvars ve Baritten Elde Edilen Verilerin, Homojenleşme Sıcaklığı-Tuzluluk Ortalama Değerlerine Göre Dünyadaki Çeşitli Yataklarla Karşılaştırılan Diyagramdaki Dağılımı (Wilkinson, 2001).

Elde edilen sonuçlara göre Dadağlı Pb-Zn cevherleşmesi seyreltilmiş formasyon sularının ve hidrotermal suların etkisi ile karbonatlı kayaçların kırık ve çatlaklarında gelişmiştir. Kırık ve çatlaklarda barit ve kuvars damarları yaygın olarak gözlenmektedir. Hidrotermal bir karakter sağlayan cevherleşmede cevher parajenezinde galenit, sfalerit, pirit, seruzit, smitsonit ve götit bulunmaktadır. Cevherin kökeni hakkında daha detaylı veriler elde etmek için mineral kimyası ve izotop çalışmaları yapmak gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

Akben, Y.B., Yalçın, C., & Uras, Y. (2022, December). Geology and geochemistry of the Pb-Zn mineralization observed in the carbonates in the north of Dadağlı (Kahramanmaraş). In 2022 VI. International Scientific and

Vocational Studies Congress – Engineering (BILMES EN 2021), Abstract Proceedings Book, pp. 28-29, TURKEY, ISBN: 978-605-74786-6-5.

Anderson, T., Frezzotti, M.L., & Burke, E.A.J. (2001). Editorial-A tribute to Jacques Touret. *Lithos*, 55, 9-11. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(00\)00035-9](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(00)00035-9).

Bean, R.E. (1983). The magmatic-Meteorite Transition. Geothermal resources council, special report, 13, 245–253.

Blumenthal, M.M. (1947). Geologie der Taurusketten im Hinterland von Seydişehir und Beyşehir, M. T. A., Ankara.

Bodnar, R. J. (1993). Revised Equation and Table for Determining the Freezing Point Depression of H<sub>2</sub>O-NaCl Solutions. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 57, 683–684.

Bodnar, R. J. (1999). Hydrothermal Solutions. In Encyclopedia of Geochemistry, C.P. Marshall and Fairbridge eds., Kluwer Academic Publishers, Lancaster, 333-337.

Bodnar, R.J., Lecumberri-Sanchez, P., Moncada, D., & Steele-MacInnis, M. (2014). Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. In Treatise on Geochemistry, 2nd ed.; Holland, H.D., Turekian, K.K., Eds.; Elsevier: Oxford, UK, Volume 13, pp. 119–142.

Cansu, Z., & Öztürk, H. (2020). Formation and genesis of Paleozoic sediment-hosted barite deposits in Turkey. *Ore Geology Review*. 125, 103700. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103700>.

Crawford, M. L. (1981). Phase equilibria in aqueous fluid inclusions. In Mineralogical Association of Canada Short Course Handbook. Hollister, L.S., Crawford, M.L. (Eds.), 6, 75-100.

Davidheiser-Kroll, B.J. (2014). Understanding the fluid pathways that control the Navan Ore body. Ph. D. Thesis. University of Glasgow, Scotland.

Dean, W.T., & Monod, O. (1990). Revised stratigraphy and relationships of Lower Palaeozoic rocks, eastern Taurus Mountains, south central Turkey. *Geological Magazine*, 127, 333–347.

Gül, M.A. (2000). Kahramanmaraş Yöresinin Jeolojisi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 304 s.

Haniççi, N., Öztürk, H., & Kasapçı, C. (2019). Carbonate-hosted Pb-Zn deposits of Turkey. Chapter 10 In: Pirajno, F., Dönmez, C., Şahin, M.B. (Eds.), Mineral Resources of Turkey, Modern Approaches in Solid Earth Sciences. Springer Nature, Switzerland, 497–533.

Herece, E. (2008). Atlas of East Anatolian Fault, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series-13, 359, 13 appendices as separate maps. ISBN / ISSN: 9786054075126.

Hollister, L.S., & Crawford, M.L. (1981) Fluid Inclusions-Applications in Petrology. Mineralogical Association of Canada Publications: Québec, QC, Canada, 6, 304.

Hurai, V., Huraiová, M., Slobodník, M., & Thomas, R. (2015). Geofluids: Developments in microthermometry, spectroscopy, thermodynamics, and stable isotopes. *Elsevier*, Amsterdam, The Netherlands, p. 489.

Işık, V. (2016). Torosların Jeolojisi; Türkiye Jeolojisi Ders Notu. Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Leach, D.L., & Sangster, D.F. (1993): Mississippi Valley-type lead-zinc deposits.- In: Kirkham, R.V., Sinclair W.D., Thorpe R.I. & Duke, J.M. (eds.): Mineral Deposit Modeling. *Geological Association of Canada Special Paper*, 40, 289–314.

Lu, H., Fan, H., Ni, P., Ou, G., Shen, K., & Zhang, W. (2004). Fluid inclusions; Science press: Beijing, China, p. 487. (In Chinese).

Rıgo De Rıghı, M., & Cortesını, A. (1964). Gravity tectonics in Foothills structure belt of southeast Turkey, *A.A.P.G. Bulletin*, 48-12, 1911-1938.

- Robertson, A.H.F. & Dixon, J.E. (1984). Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. In: Dixon JE, Robertson AHF (eds) *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, *Geological Society of London*, Spec Publ, 17, 1–74.
- Robertson, A.H.F., Ünlügenç, U.C., İnan, N. & Taşlı, K. (2004). The Misis–Andırın Complex: a Mid Tertiary mélange related to late-stage subduction of the Southern Neotethys in S Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 22, 413–453. [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(03\)00062-2](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(03)00062-2).
- Roedder, E. (1979). Origin and significance of magmatic inclusions. *Bulletin de Mineralogie*, 102(5), 487-510. <https://doi.org/10.3406/bulmi.1979.7299>
- Roedder, E. (1984). Fluid inclusions. *Geological Society of America Bulletin*. 12, 644.
- Roedder, E., & Bodnar, R.J. (1997). Fluid inclusion studies of hydrothermal deposits. In *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, 3rd ed.; Barnes, H.L., Ed.; John Wiley & Sons: New York, NY, USA, pp. 657–698.
- Samson, I., Anderson, A., & Marshall, D. (2003). Fluid inclusions. analysis and interpretation. *Mineralogical Association of Canada Publications: Québec, QC, Canada, Volume 32*, p. 374.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H., & Alderton, D.H.M. (1985). *A practical guide to fluid inclusion studies*; Blackie: Glasgow, Scotland, UK, p. 239.
- Sorby, H.C. (1858). On the microscopical structure of crystals, indicating the origin of minerals and rocks. *Journal of Geological Society of London Quart.* 14, 453–500.
- Steele-MacInnis, M., Lecumberri-Sanchez, P., & Bodnar, R.J. (2012). HOKIEFLINCS\_H<sub>2</sub>O-NACL: A Microsoft Excel spreadsheet for interpreting microthermometric data from fluid inclusions based on the PVTX properties of H<sub>2</sub>O-NaCl. *Computers & Geosciences*, XX, XXXX-XXXX.
- Şengör, A.M.C., & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey, a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181–241.
- Ulu, U., Genç. Ş., Giray, S., Metin, Y., Çörekçioğlu, E., Örcen, S., Ercan, T., Yaşar, T. & Karabıyıkoglu, M., (1991). Belveren-Araban-Yavuzeli-Nizip-Birecik Alanının Jeolojisi, Senozoyik Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrolojisi ve Bölgesel Yayılımı. M.T.A. Enst. Derleme Rap. No: 9226 (Yayınlanmamış), Ankara.
- Van den kerkhof, A. M., Hein, U. F. (2001). Fluid inclusion petrography, *Lithos*, 55(1), 27-47. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(00\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(00)00037-2).
- Wilkinson, J.J. (2001). Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, 55 (1), 229–272. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(00\)00047-5](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(00)00047-5).
- Yalçın, C. (2022). Geochemical and Geological Approach to the Carbonate-hosted Barite Deposits in Dadağlı (Kahramanmaraş), Turkey. *Engineering Applications*, 1(1), 55-62.
- Yılmaz, Y. (1993). New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen. *Geological Society of America Bulletin*, 105(2), 251–271.
- Yılmaz, Y., Gürpınar, O., Kozlu, H., Gül, MA., Yiğitbaş, E., Yıldırım, M., Genç, C. & Keskin, M. (1987). Maraş kuzeyinin jeolojisi (Andırın- Berit-Engizek-Nurhak-Binboğa Dağları) yapı ve jeolojik evrimi. İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E., Gürpınar, O. & Yiğitbaş, E. (1988). Amanos Dağları ve Maraş Dolaylarında Miyosen Havzalarının Tektonik Evrimi. T.P.A.O. Bülteni, 1(1), 52-72.
- Yiğitbaş, E. (1989). Engizek dağı (K.Maraş) dolayındaki tektonik birliklerin petrolojik incelenmesi; Doktora tezi, İst. Üniv. Fen. Bil. Enst., 347 s.
- Yoldemir, O. (1987). Suvarlı-Haydarlı-Narlı-Gaziantep Arasında Kalan Alanın Jeolojisi ve Petrol Olanakları. T.P.A.O. Rap. No: 2275, Ankara (yayınlanmamış).



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 16.08.2022  
Kabul Tarihi : 30.09.2022

Received Date : 16.08.2022  
Accepted Date : 30.09.2022

### 4 KİŞİLİK BİR AİLENİN ELEKTRİK ENERJİSİ İHTİYACI İÇİN ŞEBEKE BAĞLANTILI GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ TASARIMI VE SİMÜLASYONU

### DESIGN AND SIMULATION OF GRID CONNECTED SOLAR POWER PLANT FOR THE ELECTRICAL ENERGY NEEDS OF A FAMILY OF FOUR PEOPLE

Zafer Ramazan ŞAHİN<sup>1\*</sup> (ORCID: 0000-0002-8256-7531)

Furkan DİNÇER<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0001-6787-0850)

Ahmet Serdar YILMAZ<sup>3</sup> (ORCID: 0000-0002-5735-3857)

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Zafer Ramazan ŞAHİN, zaferr@hotmail.com

#### ÖZET

Enerji sektöründe meydana gelen teknolojik gelişmeler, dünyanın içinde bulunduğu iklim değişikliği sorunu ve enerji maliyetlerinin artması insanları daha ucuz ve temiz olan alternatif enerji kaynakları arayışına yönlendirmiştir. Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları günümüzde daha fazla tercih edilir olmuştur. Bununla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi gerek yenilenebilir olması gerek ülkemizdeki yüksek güneş enerji potansiyeli sayesinde giderek yaygınlaşmıştır. Bu çalışma Kahramanmaraş ili Göksun ilçesinde ikamet eden dört kişiden oluşan bir ailenin evde tüketeceği günlük elektrik enerjisi ihtiyacını, ev çatısına kurulumu gerçekleştirilen şebeke bağlantılı sistem tarafından karşılamayı amaçlamaktadır. Dört kişiden oluşan ailenin evde kullandığı ev gereçlerinin tüketeceği elektrik enerjisi ortalaması hesaplanarak evin ihtiyacı olan günlük enerji miktarı belirlenmiştir. Hesaplamalara göre evin elektrik enerjisi gereksinimini karşılayacak lokasyonun yıllık ortalama güneşlenme süresi ve ışınım değerleri temel alınarak şebeke bağlantılı fotovoltaik santral tasarlanmış ve bu tasarımın Pvsyst programıyla simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pvsyst, fotovoltaik, güneş enerjisi, modelleme

#### ABSTRACT

Technological developments within the energy sector, the climate change problem in the world and the increasing of energy costs have led people to seek cheaper and cleaner alternative energy sources. Renewable energy sources such as wind energy, solar energy, biomass energy, geothermal energy have become more preferred today. However, solar energy, which is one of the renewable energy sources have become increasingly widespread due to both their renewable nature and the high solar energy potential in our country. This study aims to meet the daily electrical energy need of a family consisting of four people residing in the Göksun district of Kahramanmaraş province, by the grid-connected system installed on the roof of the house. The daily amount of energy needed by the house was determined by calculating the average of electrical energy consumed by the household appliances used by the family of four people. According to the calculations, a grid-connected photovoltaic power plant was designed based on the annual average sunshine duration and radiation values of proposed location, which will meet the electrical energy requirement of the house, and this design was simulated with the Pvsyst program.

ToCite: ŞAHİN, Z. R, DİNÇER, F., & YILMAZ, A.S, (2022). 4 KİŞİLİK BİR AİLENİN ELEKTRİK ENERJİSİ İHTİYACI İÇİN ŞEBEKE BAĞLANTILI GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ TASARIMI VE SİMÜLASYONU. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Özel Sayı), 46-56.

**Keywords:** Pvsyst, photovoltaic, solar energy, modelling

## GİRİŞ

Teknolojinin hızlı bir şekilde gelişimi ve dünyada giderek artan nüfus artışı elektrik enerjisi ihtiyacını günden güne arttırmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde gerekli olan doğalgaz, kömür gibi fosil yakıtlar hem giderek azalmakta hem de sera gazı salınımını artırıp çevreyi olumsuz olarak etkilemektedir. Bu sebeple, azalan ve çevreye zararlı olan fosil yakıtlar yerine daha çevreci yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmaktadır. Yeni ve yenilenebilir enerji; gelecek nesillerin enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için mevcut enerji kaynakları tüketmeden, çevreye zarar vermeden, bugünün enerji ihtiyaçlarını karşılayabilen enerji biçimini tanımlar. Yani kendi kendini yenileyebilen, doğaya zarar vermeyen ve çevre dostu kaynakları tanımlamaktadır (Türkmen, 2020). Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretiminde ilk zamanlar daha çok hidroelektrik santraller kullanılmaktayken teknolojinin gelişmesiyle birlikte günümüzde ise hidroelektrik santrallerin yanı sıra rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi santralleri de popüleritesi artan elektrik enerjisi üretim kaynakları haline gelmiştir. Bu durumun en önemli etkenleri; küresel ısınma, fosil yakıtların azalması, rüzgar ve güneş enerjisi teknolojilerinin üretim maliyetlerinin azalması şeklinde sıralanabilir (Rüstemli ve Tekev, 2021; Dinçer, 2021).

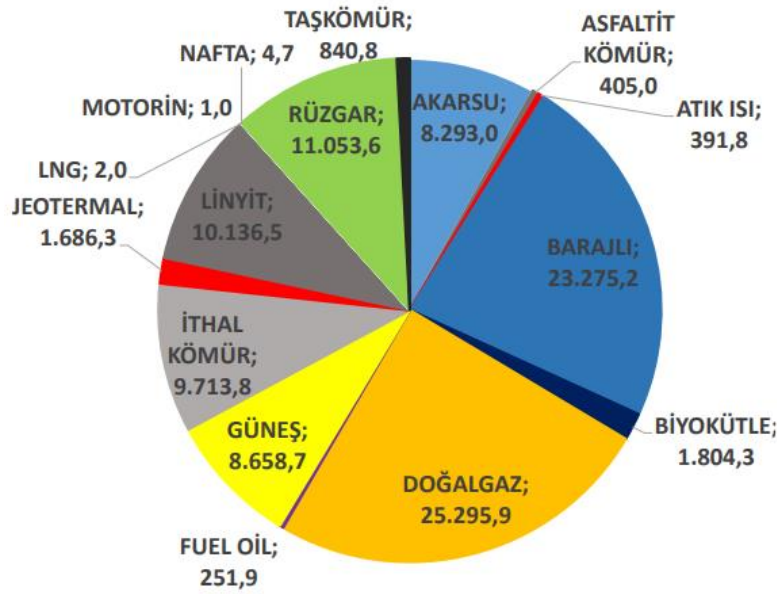
Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en çok hesaplanabilir, tutarlı, sınırsız ve çevre dostu olan kaynak ise güneş enerjisidir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmenin günümüzde en iyi yolu fotovoltaik panellerdir. Fotovoltaik paneller ile veya farklı bir deyiş ile güneş panelleri ile güneşten gelen ışık direkt olarak elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Son yıllarda elektrik enerjisindeki fiyat artışları ve bürokratik olarak mevzuat açısından kurulum izinlerinin verilmesiyle birlikte güneş enerji santrali kurulumları hızlı bir ivme kazanmıştır. Bir fotovoltaik enerji santrali tasarlanırken ve planlama yapılırken; santralin kurulacağı yerin coğrafik yapısı, rakımı, çevresel faktörleri, iklim koşulları, kurulum yapılacak arazi şartları, arazi zemin etüdü, çatı kurulumu ise çatının statik yapısı ve lokasyonun iklim koşulları, güneşlenme potansiyeli, gölgelenme durumları, kullanılacak fotovoltaik panel ve invertör seçimi, konstrüksiyon seçimi, panel-invertör uyum hesapları gibi pek çok dikkat edilmesi ve araştırılması gereken önemli parametreler vardır (Adak, Cangi ve Yılmaz, 2019).

Fotovoltaik sistemlerin ilk yaygınlaştığı zamanlarda çatı tipi kurulumlara göre arazi tipi kurulumlar daha fazlaydı ve kurulumların yapılması için teşvikler verilmekteydi. Günümüzde teşvikler ağırlıklı olarak çatı tipi santral kurulumuna yönelik olmaktadır. Yerinde üretim ve yerinde tüketim olup şebeke enerji nakil hatlarının kullanılmaması şebeke işletmecisi açısından bir avantajdır. Fotovoltaik santrallerde; tozlanma, güneş ışınlarının geliş açısı, sıcaklık derecesi, gölgelenme gibi faktörler sistemin verimini önemli derecede etki etmektedir. Bu noktada santralin simülasyonu yapılarak enerji üretim değerlerinin gerçeğe yakın şekilde tespit edilmesi santrallerin elektrik enerjisi üretim performansı açısından büyük önem arz etmektedir. Güneş enerjisi santralleri için kullanılan Homer Pro, Solar Pro, PVPlanner, Pvcase, PVSol, PVsyst gibi farklı türde simülasyon programları vardır. Bu programlar; güneş santrallerinin verimlilikleri hakkında gerçeğe yakın bilgi edinmeyi, deneysel ile nümerik sonuçları karşılaştırmayı sağlamaktadırlar. Bu çalışmada literatürde çokça kullanılan, hızlı üretim tahmini yapabilen, üretim miktarını gerçeğe yakın hesaplayabilen, 3 boyutlu çizim imkânı da verebilen PVsyst programı kullanılmıştır (Rüstemli and Dincer, 2011; Ozdemir and Sahin, 2018).

Fotovoltaik santraller; elektrik şebeke bağlantısı durumuna göre şebeke bağlantılı (on-grid), şebeke bağlantısız (off-grid) ve hibrit olmak üzere üç çeşittir. On-Grid sistemler; gündüz üretilen enerjinin hem tüketilmesini hem de fazla üretilen miktarın şebekeye basılmasını sağlayan, enerji üretiminin olmadığı zamanlarda ise tüketicinin enerji gereksinimini şebekeden karşılayan sistemlerdir. Off-Grid sistemler daha çok şebekenin olmadığı gündüz üretilen elektrik enerjisinin anlık tüketilmesi ve fazla üretilen elektrik enerjisinin aküler yardımıyla depo edilerek elektrik enerjisi üretilmeyen saatlerde kullanımına yönelik olan sistemlerdir. Hibrit sistemler ise On-Grid ve Off-Grid sistemlerinin kombinasyonu olarak meydana gelmektedir. Hem şebeke bağlantısı olup hem de depolama amaçlı akülerin bulunduğu sistemlerdir. Bu çalışmada model olarak alınan sistem; şebeke bağlantılı (on-grid) olarak

tasarlanmış, fotovoltaik panellerin elektrik enerjisi üretmediği akşam ve gece saatlerinde oluşan dezavantajlı durum şebeke bağlantılı sistem ile elimine edilmiştir.

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ)'ın ilan etmiş olduğu kurulu güç bilgilerine göre; Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretim santrali kurulu gücü 2022 yılı Temmuz ayı sonu itibariyle 101.814,5 MW olarak belirtilmiştir. Elektrik enerjisi üretim santrallerinin toplamı 10.953 adet olup bu santrallerin %92'si lisanslı, %8'lik kısmı ise lisanssız santrallerden oluşmaktadır. Toplam santrallerin %32'si kamuya ait olup geri kalan %68'lik kısmı özel sektör yatırımlarından oluşmaktadır. Bu dönemde, fotovoltaik santrallerin toplam kurulu gücü ise 8.658,7 MW olarak gösterilmiştir. Toplam fotovoltaik santrallerin sayısı 8.882 adete ulaşmıştır. Fotovoltaik santrallerin sayısı ve kurulu güç değeri her yıl hızlı bir şekilde artmaktadır (TEİAŞ 2022).



Şekil 1. Kaynaklara Göre Kurulu Güç Dağılımı, Temmuz 2022 (TEİAŞ, 2022)

Günümüzde dört kişilik bir ailenin evinde kullandığı yıllık ortalama elektrik enerjisi yaklaşık olarak  $8 \text{ kWh} * 365 = 2.920 \text{ kWh}$  olduğu hesaplanabilir. Kabaca bir hesap ile ülkemizde yaşayan herkes yılda en az 5 ton  $\text{CO}_2$  üreterek çevreye ve ekosisteme ciddi zararlar verebilmektedir. Konutlarda, elektrikli cihazlarda yapılacak değişimlerle elektrik enerjisi verimli kullanılabilir ve tüketim azaltılabilir. Ancak konutlarda kullanılan enerjiden dolayı oluşan  $\text{CO}_2$  emisyonunu ciddi oranda azaltabilmek için ihtiyaç olan elektrik enerjisi, fosil yakıt kaynaklarından değil yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmalıdır. Bunun için konutlarda yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlerin kullanılması teşvik edilmeli ve desteklenmelidir (Doğan, 2017).

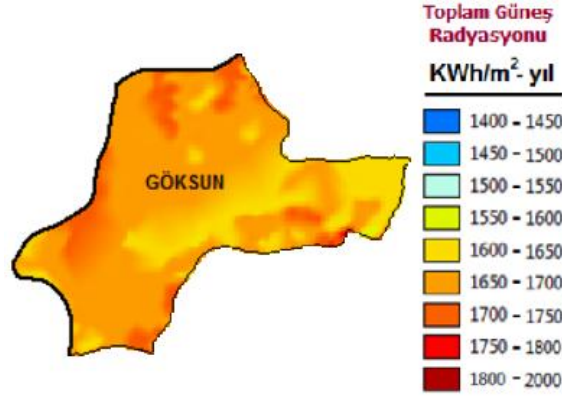
Bu çalışmada dört kişilik bir ailenin evde tüketeceği ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan bu günlük elektrik enerjisi miktarı kullanılarak PVsyst programında bu evin elektrik enerjisi ihtiyacının çatı tipi fotovoltaik sistemlerle karşılanması için fotovoltaik santral simülasyonunun yapılarak ortaya çıkan verilerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. PVsyst programının içerisinde sunulan çalışmalardan biri olan Meteororm 8.0 adlı veri tabanı setinden çalışmanın yapılacağı bölgenin meteorolojik verileri sistem üzerinden üretilmiştir (Akcan, Kuncan ve Minaz, 2020).

### Göksun Güneş Enerjisi Potansiyeli

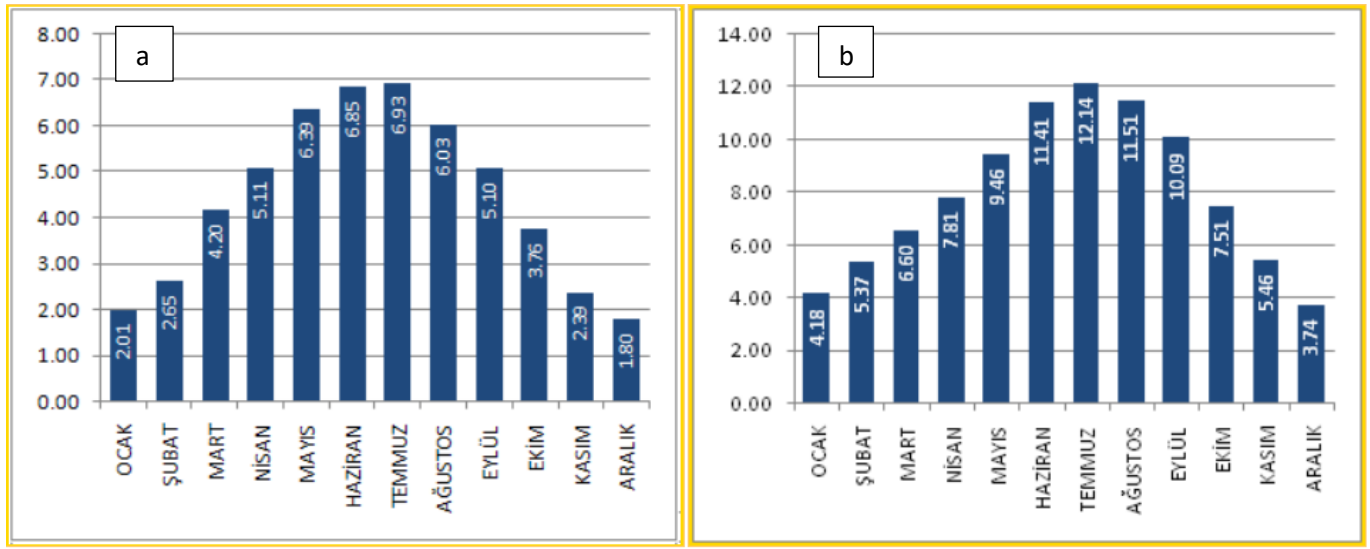
Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Kahramanmaraş ilinin Göksun ilçesi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Simülasyon çalışması Göksun ilçesindeki 38.0263 enleminde ve 36.4860 boylamındaki 1331 metre rakıma sahip 12 m eninde 16 m boyunda,  $20^\circ$  çatı yönelim özellikli bir müstakil ev çatısı için gerçekleştirilmiştir.



Göksun ilçesinin günlük ortalama güneşlenme süresi güney-kuzey yerleşimli, %120 yüklü güneş paneli gücüne sahip bir çatı tipi güneş enerjisi santrali için 4,2 saat/gün'dür. Güneş paneli yüklemesi arttıkça bu değer daha da artmaktadır. Çatı tipi değil de 25° eğime sahip arazi tipi bir güneş enerjisi santrali için güneşlenme süresi 5,4 saat/gün şeklindedir. Bu değerler; santralin güneş paneli yüklenme oranı ve lokasyona göre değişiklik göstermektedir.



Şekil 2. Göksun Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA, 2022)



Şekil 3. a Göksun İlçesi'ne Ait Global Radyasyon Değeri b. Göksun İlçesi'ne Ait Güneşlenme Süresi (GEPA, 2022)

Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 h (günlük toplam 7.2 h), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup> yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu belirlenmiştir (Kumbur vd., 2005). Kahramanmaraş'ın ilçelerinden olan Göksun'un Güneşlenme süresi günlük ortalama 7.94 h ve ışınım süresi ise 4.43 kWh/m<sup>2</sup>-gün olarak ölçülmüştür (Taşkın and Korucu, 2015). Verilen değerler dikkate alındığında Göksun'un Türkiye ortalamasının üstünde bir güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Özellikle ışınım değerlerinin yüksek olması, havanın temiz olması, sıcaklık değerlerinin ortalamalara göre düşük olması vb. etkenler güneş enerjisi santrali üretim performansının yüksek olmasını sağlamaktadır.

## MATERYAL VE METOD

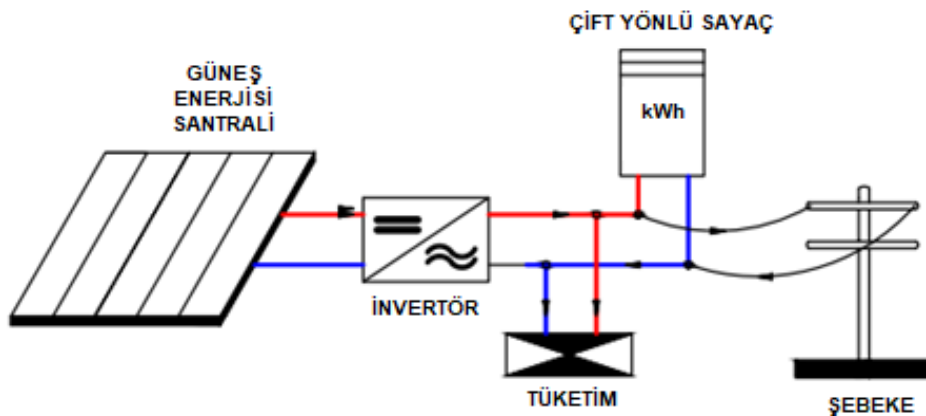
Bir evde ihtiyaç duyulan günlük elektrik enerjisi tüketim miktarı her gün farklılık gösterebilir. Bir evin elektrik enerjisi ihtiyacı için öz tüketim değerleri gösterilen Şekil 4'te aydınlatma, televizyon, bilgisayar, ev aletleri gibi ürünlerin saatlik güç tüketim değerleri baz alınarak hesaplama yapılmıştır. Ancak; çamaşır makinesi, bulaşık

makinesi, buzdolabı gibi ürünlerin etiketlerinde yıllık enerji tüketim değerleri yazıldığı için etikette yazılı olan yıllık enerji tüketim değeri 365'e bölünerek günlük enerji tüketim değeri bulunmuştur. Bir evin elektrik enerjisi ihtiyacı için öz tüketim değerleri Şekil 4'te gösterildiği üzere 4 kişilik bir evde günlük ortalama 8 kWh enerji harcanmaktadır. Bu değerler ailenin elektrikli ev aletlerini günlük kullanım değerlerine göre değişiklik gösterebilir.

Consumption		Hourly distribution				
Daily consumptions						
Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy	
8	Lamps (LED or fluo)	12 W/lamp	6.0 h/day	OK	576 Wh	
2	TV / PC / Mobile	160 W/app	6.0 h/day	OK	1920 Wh	
4	Domestic appliances	120 W/app	1.0 h/day	OK	480 Wh	
2	Fridge / Deep-freeze	0.60 kWh/day	24.0	OK	1200 Wh	
2	Dish- and Cloth-washer	500.0 W aver.	2.0 h/day	OK	2000 Wh	
4	Other uses	250 W/app	1.0 h/day	OK	1000 Wh	
4	Other uses	100 W/app	2.0 h/day	OK	800 Wh	
Stand-by consumers		1 W tot	24 h/day		24 Wh	
Total daily energy					8000 Wh/day	
Monthly energy					240.0 kWh/mth	

Şekil 4. Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacı için Öz Tüketim Değerleri

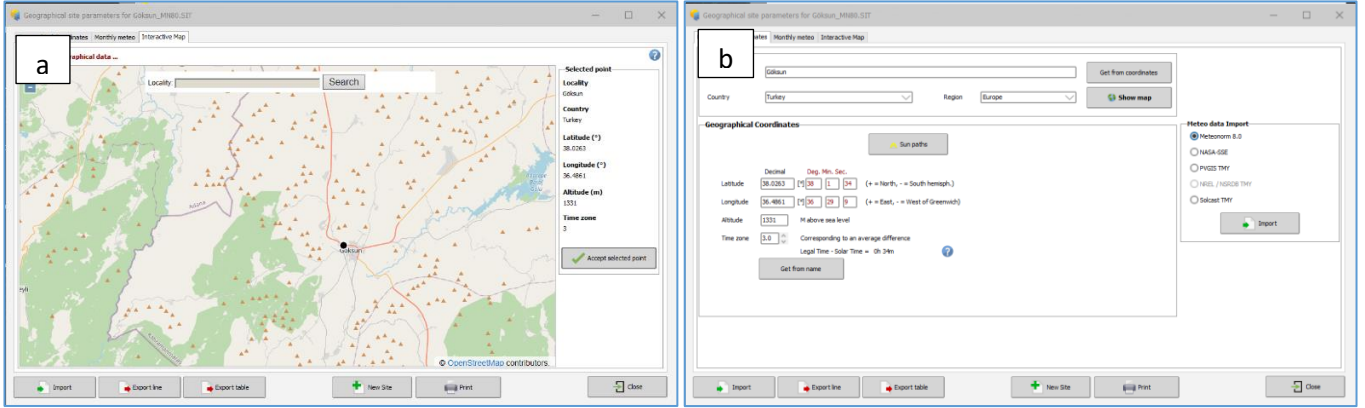
PVsyst programıyla şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin teknik analizi yapılmış, bu analizde fotovoltaik paneller, invertörler, şebeke ağı, sistem kayıpları ve sistem performansı değerlendirilmiştir. Fotovoltaik panellerden üretilen doğru akım elektrik enerjisi öncelikle invertörler yardımıyla alternatif akım elektrik enerjisine dönüştürülür. İntertörler, bu dönüşümü yaparken öncelikle bağlı bulunduğu şebekenin gerilim ve frekans değerlerini ölçer. Doğru akımdan alternatif akıma çevrim yaparken şebeke gerilim ve frekansına göre senkronizasyonu yapar. İntertörler ile şebekeye entegre senkronize olmuş elektrik enerjisi öncelikle iç tüketim var ise iç tüketimde kullanılır. Tüketim fazlası üretilen elektrik enerjisi çift yönlü sayaç üzerinden şebekeye aktarılır. Tüketilen elektrik enerjisi miktarı, üretilen elektrik enerjisi miktarından fazla olduğunda ise gene çift yönlü sayaç üzerinden şebekeden ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi çekilir. Yani bir anlamda burada şebeke enerji nakil hatları depo gibi kullanılmış olmaktadır. Enerjinin invertör yardımıyla AC ye çevrildiği ve kullanıcının ihtiyacı olan enerjiyi panellerden ve şebekeden çektiği, güneş panellerinden üretilen ihtiyaç fazlası enerjinin de şebekeye basıldığı şebeke bağlantılı sistemin blok diyagramı Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Şebeke Bağlantılı Sistemin Blok Diyagramı

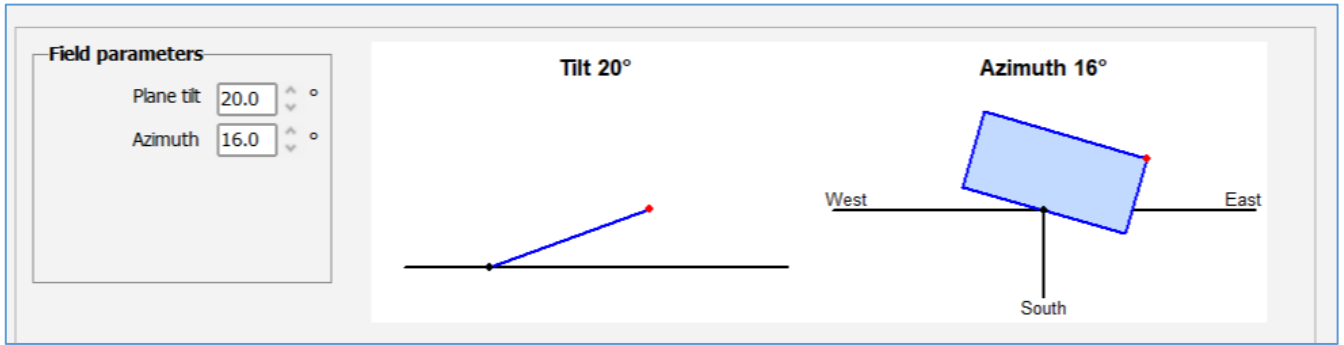
Kurulması planlanan fotovoltaik santralin bulunduğu konuma ait meteorolojik veriler PVsyst programının veri tabanında direkt olarak bulunmamaktadır. Programda ilk adım olarak yapılması gereken çalışma, fotovoltaik santralin kurulacak konumunun meteorolojik verilerinin sisteme tanımlanmasıdır. Bu işlem, yazılım içerisinde databases adlı bölümden geographical sites sekmesi içerisinde yer alan lokasyon bilgisi girilerek yapılır (Demiryürek,

Arifoğlu ve Bolat, 2020). Programın bu ara yüzünde ayrıca meteorolojik verilerin alınabileceği meteonorm 8.0, nasa-sse, pvgis tmy gibi meteoroloji veri tabanları sunulmaktadır.



Şekil 6.a Lokasyon Seçimi b. Lokasyon Verileri Gösterim

Coğrafi konum seçiminden sonra panellerin azimutunu ve eğimi belirlenmelidir. Güneş panelleri çatının eğimine paralel yerleştirilmesi gerektiğinden ve çatının eğimi  $20^\circ$  olduğundan güneş panelleri de  $20^\circ$  eğimle yerleştirilmelidir. Ev ve binaların çatıları tam olarak güney cephesine bakmıyor olabilir. Bu durumda panellerin güney yönünden sapma dereceleri yani azimuth dereceleri bulunur. Kurulumu yapılan binanın çatısının güneyden sapma derecesi  $16^\circ$ 'dir. PVsyst programında "Orientation" butonu ara yüzü panel düzlemi seçimi yapmamıza, panelin zeminle açısının ve azimuth değerlerinin girilmesine olanak sağlar. Ayrıca bu bölümde sabit eksenli, çift eksenli ve güneş takip sistemli konstrüksiyon ayarları da yapılabilir.



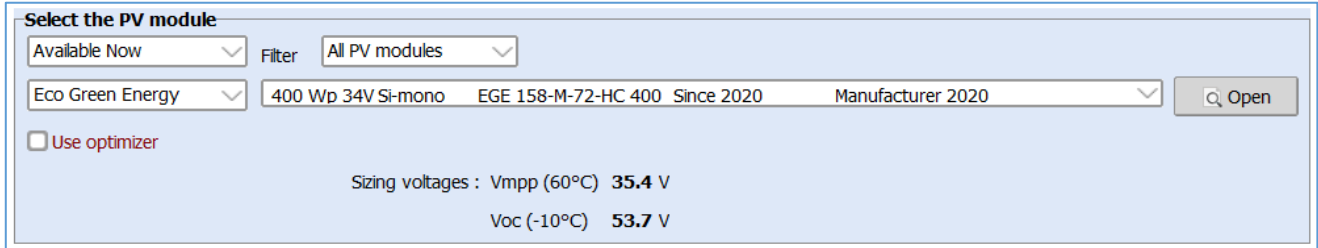
Şekil 7. Panel Yönelimi Giriş Ekranı

Sistem bölümü, tasarlanacak santral için belirlenen güç değerinin girildiği, seri-paralel dizilerin belirlendiği ve bu belirlenen panel gücü ve ebatına göre panellerin kurulumu için gerekli ortalama alanının gösterildiği, invertör ve panel uyumunu da gösteren bölümdür. Bu bölümde sistem tasarımı için kullanılacak panel modelini, tipini, gücünü seçilebilen ve kullanılacak invertörün de seçilebildiği program ara yüzüdür. Panel ve invertör seçimi yapılırken panel-invertör uyumluluk hesaplamaları yapılmalıdır. İvertörün maksimum güç izleme noktasında çalışabilmesi için bu çalışma gerilim aralığında çalışacak şekilde paneller için seri bağlantı sayısı düzenlenmelidir.

Programda; 400 Wp güce sahip Eco Green Energy markalı, monokristal yapıda olan bir panel tercih edilmiştir. Program içerisinde birçok marka ve model fotovoltaik panel yer almaktadır. İstenilen marka ve model panel seçilebilir. Sistemde hemen hemen tüm üreticilerin panel ve invertörleri mevcuttur. Program sistemde kayıtlı olmayan panel ve invertörlerin sisteme yüklenebilme imkânını da sunmaktadır. Şekil 8'de panel seçimi, program içerisinde gösterilmektedir. Ayrıca seçilen panel için maksimum güç noktası gerilim değeri ve açık devre gerilim değeri belirtilmektedir. İverter seçiminde ise panel kurulu gücünü dikkate almak gerekmektedir. Şekil 9'da invertör seçimi detaylı olarak gösterilmektedir. 2 kW kurulu güce sahip bir fotovoltaik santral için 2 kW güce sahip invertör seçimi gerçekleştirilmelidir. Çünkü 2 kW seçilen bir invertör sadece ışınımın en yüksek olduğu sınırlı

saatlerde tam kapasiteyle çalışacak ve geri kalan saatlerde ise düşük performans gösterecektir. Bunun nedeni fotovoltaik panellerin çevresel koşullar altında %20 gibi daha düşük performans göstermesidir. İntertör seçiminde kurulu gücün %10-20 altında bir güç değerindeki intertörün tam kapasite çalışacağı süre artar ve daha verimli hale gelmiş olur. Bu sebepten dolayı sistemde 1.7 kW'lık, 100-350 V DC giriş gerilimli, 230 V çıkış gerilimli 50 Hz frekansa sahip intertör tercih edilmiştir.

Ek olarak; Tablo 1 ve 2'de seçilen fotovoltaik panel ve intertöre ait elektriksel özellikler detaylı olarak verilmiştir. Kullanılan marka ve modellere göre elektriksel özellikler değişiklik göstermektedir. Özellikle intertörlerde maksimum güç gerilim aralığının geniş olması, çalışma gerilim aralığının geniş olması, maksimum güç izleme ve takibi sayısının fazla olması vb. özellikler aranmalıdır. Böylece intertör daha verimli bir aralıkta çalışabilir.



Şekil 8. Panel Seçimi



Şekil 9. İntertör Seçimi

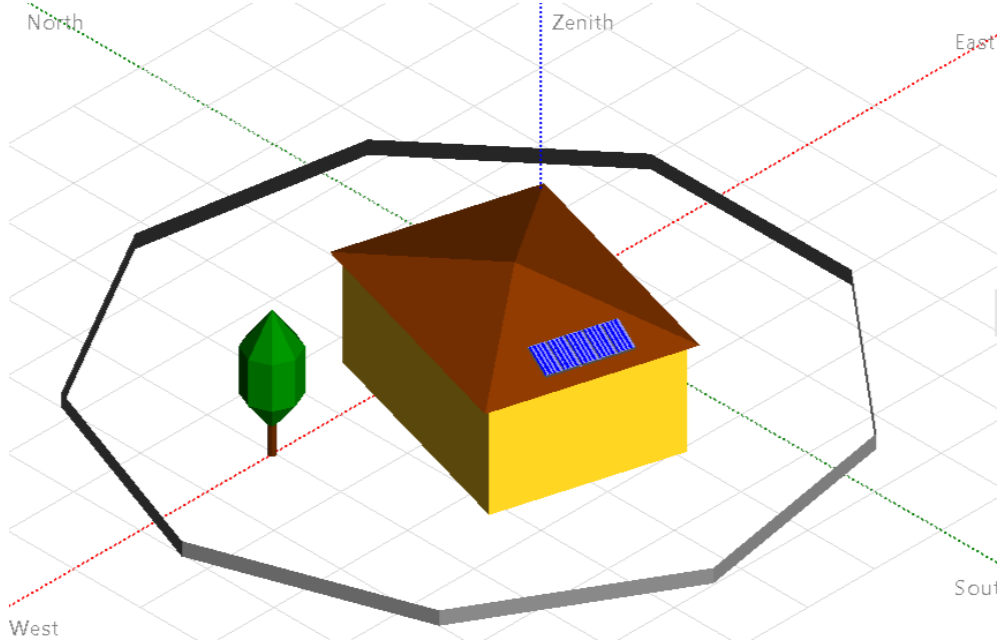
Tablo 1. Fotovoltaik Panel Özellikleri

Fotovoltaik panel Markası	Eco Green Energy
Panel Modeli	EGE 158-M-72-HC 400 Wp
Nominal Güç	400 Wp
Açık Devre Gerilimi (V <sub>OC</sub> )	48.9 V
Kısa Devre Akımı (I <sub>SC</sub> )	10.41 A
Nominal Gerilim (V <sub>mp</sub> )	40.5 V
Nominal Akım (I <sub>mp</sub> )	9.88 A
Modül Verimi (%)	22.05 %

Tablo 2. İntertör Özellikleri

İntertör Markası	SolarWorld
İntertör Modeli	SPI 1500 MV
Min-Max Giriş Voltajı	100V-350V DC
Max. Giriş Akımı	10.3 A
Nominal AC Gücü	1.65 kW

Santralde; 400 Wp gücünde 5 adet monokristal güneş paneli kullanılmaktadır. Panel seçimi sonucunda panelin boyutlarını göz önüne alan programda santral montajı için 10.1 m<sup>2</sup>'lik alanın kullanılacağı belirtilmiştir. Güneş enerji santrallerinde dizi halinde kurulan paneller veya panellere yakın nesnelere (ağaç, kulübe, ev) paneller üzerinde gölge oluşturabilir. Paneller üzerine düşecek gölge, üretim performansını olumsuz etkileyeceği için PVsyst programında kurulumu yapılacak panelleri ve ev, ağaç, kablo gibi nesnelere 3D olarak simülasyonu yapıp gölgelenme durumlarına bakılır. 3D gölgelenme için santral yerleşimi yapılan Şekil 10'da Fotovoltaik santralin kurulumu yapılan binanın gerçek boyut bilgileri girilmiş ve panellerin çatıya yerleşimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 10. 3D Gölgeleme için Santral Yerleşimi

## BULGULAR

Şebekeye bağlı güneş enerji santrallerinde esas olarak panel dizilerinin çıkış gerilimi, akımı, elektrik enerjisi üretimi, kullanılan elektrik enerjisi, sistemin performans oranı, şebekeye verilen enerji, şebekeden çekilen enerji, gölgelenme kayıpları, invertör ve kablo kayıplarının olduğu veriler hakkında detaylı bilgi verilir. Tablo 3'te simülasyon sonuçlarına ait veriler yer almaktadır. Sistemden 3.167 kWh/yıl elektrik enerjisi üretilmiş ve bu üretilen elektrik enerjisinin 2.920 kWh'lik kısmı öz tüketimde kullanılmıştır. Kullanım dışındaki fazla üretilen elektrik enerjisinin 247 kWh kısmının enerji dağıtımını yapan şirkete satışı gerçekleştirilir. Sistemin performans oranı yüzde 79,49 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3. Simülasyon Sonuçları

Üretilen Enerji	3.167 kWh/yıl
Kullanılan Enerji	2.920 kWh/yıl
Spesifik Üretim	1.584 kWh/kWp/yıl
Performans Oranı	% 79.49
Yakın Gölgeleme kaybı	% 0.00
Şebekeye Verilen Enerji	1.792,3 kWh
Şebekeden Çekilen Enerji	1.545,0 kWh

Simüle edilerek kurulumu gerçekleştirilen santralin aylık bazdaki elektrik enerjisi üretimi, öz tüketim elektrik enerjisi, şebekeye verilen ve şebekeden çekilen elektrik enerjisi, aylık ortalama sıcaklık ve ışınlam değerleri Şekil 11’de detaylı olarak verilmiştir. Tabloya göre aylık bazda en fazla elektrik enerjisi üretimi 378,8 kWh ile temmuz ayında gerçekleşmiştir. Şebekeden en çok elektrik enerjisi çekilen ay ise gecelerin gündüzlerden uzun olduğu aralık ayında 169,6 kWh olarak gerçekleşmiştir.

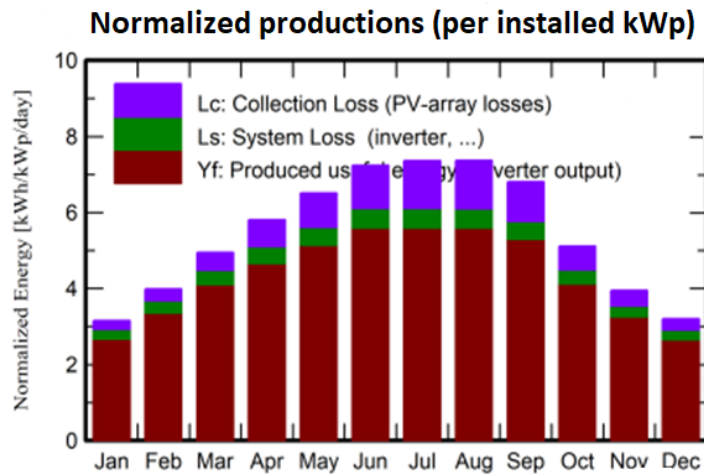
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	69.2	28.93	-0.08	97.7	92.7	181.7	248.0	87.6	78.0	160.4
February	87.0	36.39	2.20	111.6	106.4	205.8	224.0	91.3	96.7	132.7
March	132.0	55.35	7.14	153.2	147.5	277.7	248.0	116.5	137.7	131.5
April	164.0	61.93	11.62	174.1	167.2	306.0	240.0	120.7	158.9	119.3
May	201.1	73.78	16.55	201.7	194.0	348.2	248.0	134.9	183.7	113.1
June	222.7	63.96	21.13	217.1	209.5	366.8	240.0	139.2	196.5	100.8
July	231.8	63.24	25.03	228.1	220.4	378.8	248.0	144.6	202.2	103.4
August	217.4	54.94	25.37	228.4	220.2	378.1	248.0	141.9	204.7	106.1
September	176.8	44.36	19.87	204.2	197.1	346.0	240.0	125.5	192.1	114.5
October	125.0	39.41	13.98	158.4	152.5	278.5	248.0	106.3	149.1	141.7
November	84.3	30.65	6.85	118.4	112.3	212.6	240.0	88.1	106.9	151.9
December	66.4	24.88	1.85	99.3	92.7	180.2	248.0	78.4	85.9	169.6
Year	1777.9	577.81	12.69	1992.2	1912.4	3460.3	2920.0	1375.0	1792.3	1545.0

#### Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_User	Energy supplied to the user
T_Amb	Ambient Temperature	E_Solar	Energy from the sun
GlobInc	Global incident in coll. plane	E_Grid	Energy injected into grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid

Şekil 11. Aylara Göre Detaylı Simülasyon Sonuçları

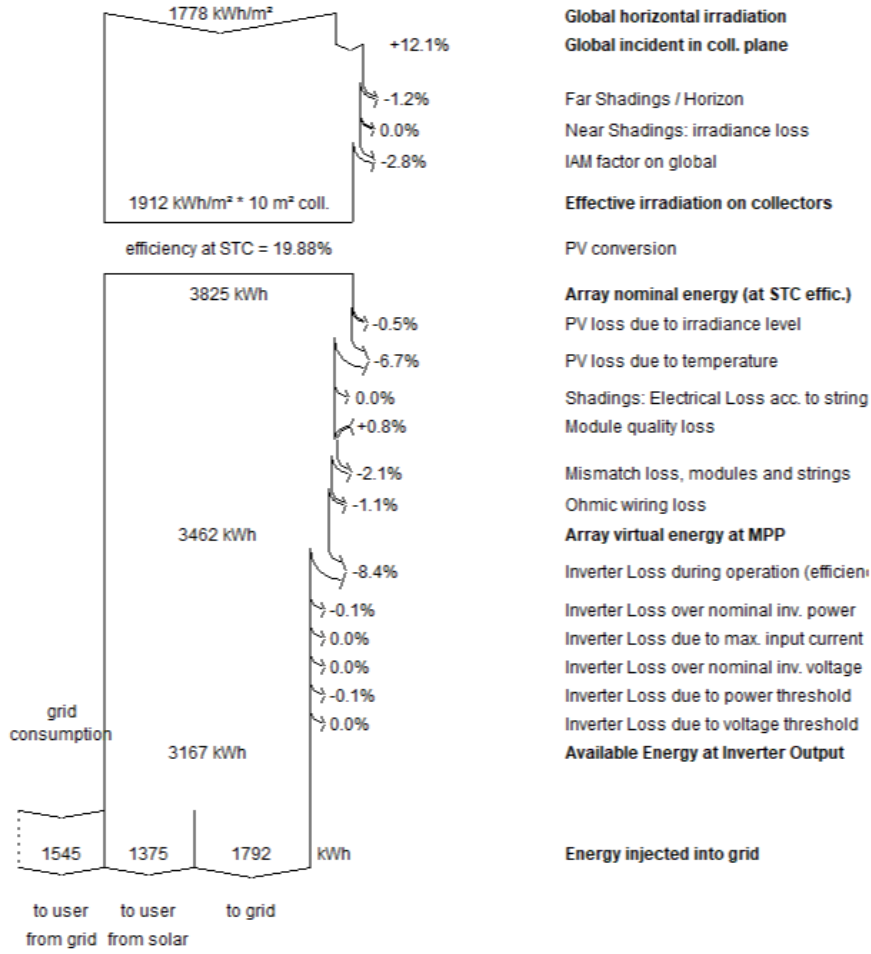
Normalize edilmiş elektrik enerjisi üretim ve kayıp faktörleri gösterilen Şekil 12’de grafikteki kırmızı sütun yıl süresince 4,34 (kWh/gün) toplam elektrik enerjisi çıkışını, mor sütun 0,72 (kWh/gün) panel dizi kaybını ve yeşil sütun ise 0,4 (kWh/gün) olan santrale ait invertör kayıplarını ayrı ayrı ifade etmektedir.



Şekil 12. Normalize Edilmiş Elektrik Enerjisi Üretim ve Kayıp Faktörleri

Fotovoltaik santralin tüm yıl boyunca oluşturacağı kayıp diyagramı verilen Şekil 13’te gerçekleştirilmiş ve kurulması planlanan fotovoltaik santrale ait simülasyon sonucunda elde edilen elektrik enerjisi akış diyagramı analizi

bulunmaktadır. Horizontandan kaynaklanan kayıp oranı %1.2, yansımadan dolayı kaynaklanan kayıp oranı %2.8 olarak ölçülmüştür. Panel zayıf ışık kaybı oranı %0.53, panel sıcaklık kaybı oranı %6.74, panel uyumsuzluk kaybı %2.1 ve doğru akım kablolama kaybı %1.1 ve inverter kaybı olarak %8.41 değerler gözlemlenmiştir.



Şekil 13. Fotovoltaik Santralin Tüm Yıl Boyunca Oluşturacağı Kayıp Diyagramı

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Güneş enerjisi kaynağının, hızla tükenmekte olan geleneksel enerji kaynaklarının alternatifi olacağı üzerine çok sayıda literatür çalışması bulunmaktadır. Her geçen yıl gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler bu durumu daha iyi kavramaktadır. Aynı zamanda artan elektrik enerjisi maliyetleri, teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha ucuz bir kaynak haline gelen güneş enerjisi kaynağı, elektrik enerjisi üretiminde ülkeleri güneş enerjisi kaynağına yönlendirmektedir. Bu çalışma, Akdeniz Bölgesi'nde yer alan güneşlenme potansiyeli yüksek Kahramanmaraş ili Göksun ilçesinde güneş enerjisi potansiyelinin kullanımını artırmak, yaygınlaştırmak, çatı tipi güneş paneli sistemlerinin tasarımları ve simülasyonlarının nasıl yapılacağı konusunda yol gösterici olmayı amaçlamıştır.

Dört kişilik bir ailenin elektrik enerjisi tüketimi baz alınarak oluşturulan bu çalışmada 8 kWh'lık günlük elektrik enerjisi ihtiyacı PVsyst programında simülasyon yapılarak şebeke bağlantılı güneş enerji sisteminden karşılanmıştır. Sistemden 3.167 kWh/yıl elektrik enerjisi üretilmiş ve bu üretilen elektrik enerjisinin 2.920 kWh'lık kısmı öz tüketimde kullanılmıştır. Kullanım dışındaki fazla üretilen elektrik enerjisinin 247 kWh kısmın enerji dağıtımını yapan şirkete satışı gerçekleştirilir. Sistemde 5 adet 400 Wp panel kullanılmış ve bu panellerin montajı için 10.1 m<sup>2</sup> alan gerekliliği Program tarafından belirlenmiştir. PVsyst Programında çatıya montajı yapılacak panellerin yüzey açısı ve azimuth açısına göre panellerin verimliliklerini gözleme imkanı sunulmaktadır. Ayrıca PVsyst programının üç

boyutlu çizim özelliği sunması sayesinde kurulan sistem santralının yakın gölgelenme durumu da gözlenebilmektedir.

Çalışma dört kişilik bir ailenin yaşadığı bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için tasarlanmıştır. Çalışmayı ayrıca daha büyük konutlara, apartmanlara, kamu kurumlarına uygulayıp deneysel değerlere yakın sonuçlar elde edilebilir. Tasarlanan fotovoltaik santral için PVSyst programı maliyet hesabı da yapmaktadır. Böylece kurulması planlanan fotovoltaik santrallerde üretim ve maliyet analizi de yapılabilir.

## KAYNAKÇA

Adak, S., Cangi, H. & Yılmaz, A. S. (2019). Fotovoltaik Sistemin Çıkış Gücünün Sıcaklık ve Işımaya Bağlı Matematiksel Modellemesi ve Simülasyonu. *International Journal of Engineering Research and Development*, 11 (1), 316-327. <https://doi.org/10.29137/umagd.456988>

Akcan, E., Kuncan, M. & Minaz, M. R. (2020). PVSyst Yazılımı ile 30 kW Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 248-261. <https://doi.org/10.31590/ejosat.685909>

Demiryürek, H.K. (2018). 200kwp kurulu güçteki lebit enerji güneş santralının pvsyst ile tasarımı ve üretim değerleri ile simülasyon değerlerinin karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)

Demiryürek, H.K., Arifoğlu, U., & Bolat, M. (2020). Lebit enerji güneş santralının Pvsyst Programı ile analizi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(3), 1351-1363. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.650786>

Dinçer, F. (2021). "Lifetime and performance alteration of photovoltaic panels, the case of AERZEN, Germany", *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12(4), 591-594. <https://doi.org/10.24012/dumf.1001925>

Doğan M.F. (2017). Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacını Karşılacak Fotovoltaik Sistemin Tasarımı ve Maliyet Analizi. Yıldız Teknik Üniversitesi. Makine Mühendisliği Bölümü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

GEPA (2022) Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Güneş Enerji Potansiyel Atlası <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/46.aspx> (ET: 29.04.2022)

Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H.D. & Avcı, E.D. (2005 Kasım). Türkiye’de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Mersin

Ozdemir, S., & Sahin, G. (2018). Multi-criteria decision-making in the location selection for a solar PV power plant using AHP. *Measurement*, 129, 218-226. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.07.020>.

Rüstemli, S. & Tekev, S. (2021). "Güç Sistemindeki Harmoniklerin Bilgisayar Destekli Modellenmesi", *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12(5), 711-718, <https://doi.org/10.24012/dumf.1051328>.

Rustemli S., & Dincer F. (2011). "Modeling of Photovoltaic Panel and Examining Effects of Temperature in Matlab/Simulink", *Elektronika Ir Elektrotehnika (Journal of Electronics and Electrical Engineering)*, 3(109), 35-40. <https://doi.org/10.5755/j01.eee.109.3.166>

Taşkın, O. & Korucu, T. (2015). Determination of Solar Energy Potential in Kahramanmaraş Province, *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 17 (4), 12-16. <https://doi.org/10.18016/ksujns.36250>

Türkmen, S. (2020). Enerji Trilemması: Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(6), 299-309.

TEİAŞ (2022) Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Yük Tevzi Dairesi Başkanlığı-Kurulu Güç Raporları-Temmuz 2022, <https://www.teias.gov.tr/kurulu-guc-raporlari> (ET: 16.08.2022).





# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 16.08.2022  
Kabul Tarihi : 01.11.2022

Received Date : 16.08.2022  
Accepted Date : 01.11.2022

### ALETSEL DEPREM KATALOĞU VERİLERİ İLE BUCAK (BURDUR) VE ÇEVRESİNİN SİSMİK TEHLİKE PARAMETRELERİNİN TAHMİNİ

### ESTIMATING SEISMIC HAZARD PARAMETERS OF BUCAK (BURDUR) AND ITS SURROUNDINGS VIA INSTRUMENTAL EARTHQUAKE CATALOG DATA

Fatih UÇAR<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0003-1610-5731)

<sup>1</sup> Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Fatih UÇAR, fatihucar@akdeniz.edu.tr

#### ÖZET

Sismik tehlike analizleri, gelecekteki depremleri tahmin etmek ve depremlerin olası yıkıcı etkilerinin azaltılabilmesi için yapılan çalışmaların temelini oluşturmaktadır. Bu çalışma, Antalya, Burdur, Isparta, Denizli, Afyon, Uşak, Muğla illerini içermekte ve çalışma sınırları Kütahya ve Manisa, Aydın ve Ege Denizi, Konya ve Akdeniz ile belirlenmektedir. Yeni Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre çalışma için belirlenen deprem bölgelerinin PGA değerleri 0,2 g'nin üzerinde olup ortalama 0,32 g'dir. Çalışma alanı Bucak (Burdur) merkezli 220 km yarıçaplı bir daire ile sınırlanmıştır. Çalışma alanı depremlerin yoğunluğuna ve bölgelerin sismotektonik yapısına göre beş sismik bölgeye ayrılmıştır. Büyüklük tekrarlama parametreleri Gutenberg-Richter ilişkisine dayalı olarak analiz edilmiştir. Tekrarlama parametreleri olan a ve b sırasıyla 2,92 – 4,12 ve 0,86 – 0,99 aralığında değişmektedir. Çalışma alanı için büyüklüğü 5.5'ten fazla olan bir depremin gelecek 50 yılda olma olasılığı ortalama %83,79 olarak ve büyüklüğü 7.0'dan fazla olan bir depremin gelecek 100 yılda olma olasılığı ise ortalama %17,18 olarak tespit edilmiştir. Deprem tehlikesinin yüksek olduğu görülen bu bölgede, mühendislik yapılarının yer seçimi sürecinde sismik tehlike analizlerinin yanı sıra yerel zemin koşullarının da (kaya / toprak) dikkate alınması önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem kataloğu, depremsellik, tehlike, sismik parametreler, Güneybatı Türkiye

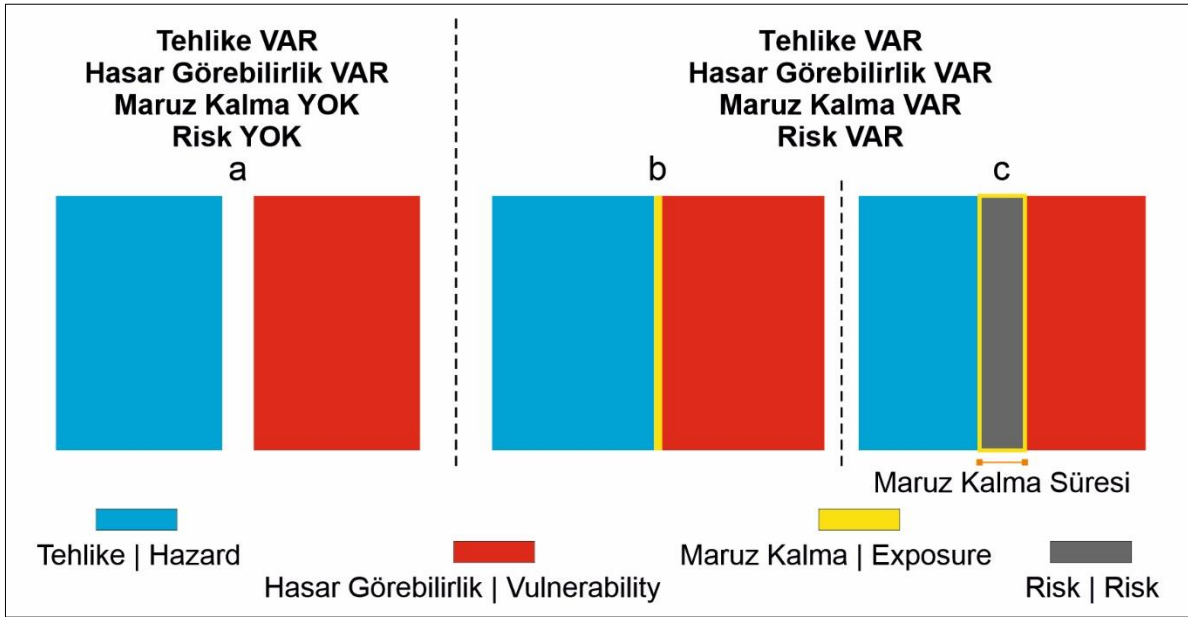
#### ABSTRACT

Seismic hazard analyses form the basis of studies to predict future earthquakes and to reduce the possible destructive effects of them. Study comprises Antalya, Burdur, Isparta, Denizli, Afyon, Uşak, Muğla, and boundaries are Kütahya, Manisa, Aydın, Konya, Aegean Sea and Mediterranean Sea. According to the New Turkey Earthquake Regions Map, PGA values of the identified seismic zones in the study area are over 0.2 g and averagely 0.32 g. The study area is bordered by a circle with a radius of 220 km centered in Bucak (Burdur). Area is divided into five seismic zones according to the intensity of earthquakes and seismotectonic structure of the zones. The magnitude recurrence parameters are analyzed based on the Gutenberg-Richter relation. The recurrence parameters a and b vary in the range of 2.92 – 4.12, and 0.86 – 0.99 respectively. The probability of occurrence of an earthquake with magnitude greater 5.5 for the study area is average 83.79% in future 50 years and 17.18% in future 100 years with magnitude greater 7.0. Besides seismic hazard analyses, it is important to consider local rock/soil conditions of the field in the site selection process of engineering structures in this region, where the earthquake hazard is high.

**Keywords:** Earthquake catalogue, hazard, seismic parameters, seismicity, Southwestern Turkey

## GİRİŞ

Deprem tehlike ve risk analizleri sıklıkla karıştırılan, ancak çok keskin sınırlar barındıran farklı iki kavramdır. Deprem risk analizleri ulaşılması güç ve çok yoğun veri gerektiren çözümler silsilesi olup bölgesel yorumlama yerine çok daha yerel bir şekilde inceleme gerektirmektedir. Başka bir ifade ile deprem tehlike analizleri bölgesel anlamda yorum yapabilir ve sonuç verebilirken, risk analizleri bölgenin içindeki yapıların davranışları ile ilgilenmekte, bu sebeple çok fazla veriye gereksinim duymakta ve çok daha ayrıntılı çalışma gerektirmektedir. Analizlerin farkını anlayabilmek için ilk olarak, sıklıkla birbiri ile karıştırılan “tehlike”, “risk” ve “afet” kavramlarının tanımlanması önem kazanmaktadır. Sözlük karşılıkları olarak, tehlike, büyük zarar veya yok olmaya yol açabilecek durum; risk, zarara uğrama tehlikesi; afet, çeşitli doğa olaylarının sebep olduğu yıkım olarak tanımlanmaktadır. Hasar görme olasılığı tehlikenin varlığı ile değil, tehlikenin hasar görebilecek bir yapı ile teması sonrasında gelişmektedir. Bu tanımlardan yola çıkılarak bir tehlikenin aynı bölgede bir riske dönüşebilmesinin ya da risk oluşturmasının maruz kalma süresi ya da maruz kalma şiddeti ile alakalı olduğu görülmekte, bu sürenin uzunluğu ise riskin boyutunu belirlemektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Tehlike, Hasar Görebilirlik, Maruz Kalma ve Risk Arasındaki İlişki. a. Risk Olamayan Durum b. Tehlike ve Hasar Görebilirlik Teması ile Risk Başlangıcı c. Maruz Kalma Süresi ile Riskin Artışı

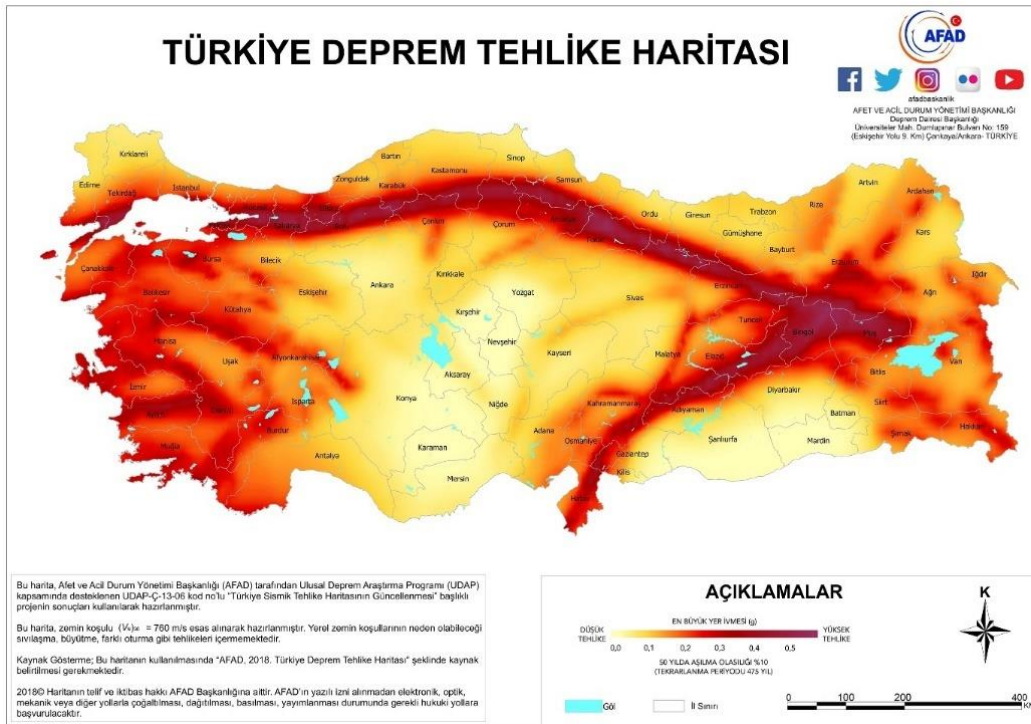
Sismik çalışmalarda incelenen “olay” bir depremi ifade etmekte, bu sebeple bu terimler sismik tehlike, sismik risk ve sismik afet olarak spesifik hale getirilmektedir. Sismik tehlike, hasar ve can kaybı yaratabilecek büyüklükte bir depremin belirli bir yerde ve belirli bir zaman aralığında oluşma ihtimali olarak; sismik risk, deprem tehlikesinin gerçekleşmesi ile fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıpların meydana gelme olasılığı olarak; sismik afet, depremlerden kaynaklı olarak gözlenen fiziksel, ekonomik ve sosyal yıkım olarak ifade edilmektedir. Depremin varlığı bir sismik tehlike iken depremin kapsamı yani gerçekleşmesi beklenen sismik tehlikenin etkileyeceği bölgeler, bölgedeki yapılar ve insan yoğunluğu risk çalışmaları için önem kazanmaktadır. Bu çalışma kapsamında yapılan sismik tehlike analizleri, çalışılan bölgede meydana gelebilecek ve büyüklüğü 5.5’ten fazla olan ( $M \geq 5.5$ ) depremlerin, 25, 50, 75 ve 100 yıllık süreler içindeki oluş olasılığını ifade etmeye odaklanmaktadır.

### Çalışmanın Kapsamı

Çalışma alanı, Bucak (Burdur) merkezli 220 km yarıçaplı bir daire ile modellenmiştir. Çalışma alanı, kuzey sınırı Kütahya ve Manisa illeri, batı sınırı Aydın ili ve Ege Denizi, doğu sınırı Konya ili ve güney sınırı Akdeniz olacak şekilde çevrelenmiş ve Antalya, Burdur, Isparta, Denizli, Afyon, Uşak ve Muğla olmak üzere yedi ili kapsamaktadır (Şekil 2a). İnceleme alanının merkezi olan Bucak (Burdur) civarında KD-GB uzanımlı yapılar, bu alanının B-KB’ında ise KB-GD ve yaklaşık D-B uzanımlı yapılar belirgindir (Emre vd., 2013) (Şekil 2b). 1 Ocak 2019’dan itibaren yürürlükten kaldırılan Deprem Bölgeleri Haritası çalışma bölgesini birinci ve ikinci derece deprem bölgesi olarak göstermekteydi. Güncellenen Türkiye Deprem Tehlike Haritasına (TDTH) göre (Şekil 3) çalışma bölgesi çoğunlukla 0,2g (peak ground acceleration, PGA) üzerinde olup ortalama 0,32g değerindedir.



Şekil 2. a. Bucak Merkezli Çalışma Alanını ve Sınırlarını Gösteren Harita b. Çalışma Alanındaki Diri Fayları Gösteren Harita (Emre vd., 2013)



Şekil 3. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018)

## MALZEME VE YÖNTEM

### *Sismik Tehlike Analizleri*

Ülkelerin %60'ından fazlası depremlerden zarar gören ülkeler sınıfındadır ve Türkiye de bu ülkeler arasında yer almaktadır (Leventeli vd., 2020). Sismik tehlike analizleri, deprem risk analizlerinin ilk basamağını oluşturmakta, risk analizleri için öngörülen ve büyüklüğü bilinen bir depremin tekrarlanma süresini hesaplamakta, maksimum yer ivmesinin dönüş periyodu ile aşılma ihtimalinin belirlenmesini kapsamaktadır. Bu analizler deprem tehlikelerini öngörmek ve olası riskleri önleyebilmek için önemlidir. İstatistiksel hesaplamalar ile elde edilen veriler, zemin koşullarının da sisteme dahil edildiği analizler için önemli bir altlık olarak kullanılmaktadır. Sismik tehlike analizleri önceden kararlaştırılmış belirli senaryolar için deterministik (Deterministic Seismic Hazard Analysis, DSHA) olarak yapılabildiği gibi, beklenen depremlerle ilişkili ulaşılabilen tüm belirsizliklerin dikkate alındığı şekilde olasılıksal (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA) olarak da gerçekleştirilebilir (Kayabalı, 2002). Bu anlamda PSHA, büyüklük ve konum gibi depremler ile ilgili belirsizliklerin anlaşılmasında kolaylık sağlamakta, sismik tehlikenin güvenilir ve eksiksiz bir görüntüsünü elde edebilmektedir (Kramer, 1996).

Sismik tehlike analizinin en önemli aşaması noktasal, doğrusal veya alansal (Kayabalı, 2002) olarak sismik kaynakların (Dipova ve Cangir, 2011) belirlenmesidir. Sismik kaynakların güvenilir bir şekilde modellenmesi için sismotektonik yapılar, jeolojik sınırlar ve çalışılan alanın deprem verileri dikkate alınmalıdır. Bu sebeple sismik tehlike analizleri bir üst sınırı olmayan, kullanıcıya bağlı olarak verilerin çoğalabildiği kapsamlı bir konudur. PSHA süresince doğrusal ve alansal sismik kaynak modelleri noktasal kaynaklara göre genellikle daha çok tercih edilmektedir (Uçar vd., 2016; Kayabalı, 1995, 2002). Bu çalışmada da sismik kaynaklar alan bazlı olarak ele alınmış ve bölgenin depremselliği modellenmiştir.

### *Sismik Tehlike Haritaları*

Küresel Sismik Tehlike Değerlendirme Programı (Global Seismic Hazard Assessment Program, GSHAP), sismik tehlike değerlendirmelerinde standartları iyileştirme ve geliştirme hedefi ile, Uluslararası Litosfer Programı (International Lithosphere Program, ILP) tarafından 1992 yılında başlatılan bir projedir (Danciu ve Giardini, 2015; Giardini, 1999; Giardini vd., 1992, 1999). 2018 yılında Uluslararası Bilim Konseyi (International Science Council, ISC) olarak değişen o zamanki adıyla Uluslararası Bilimsel Birlikler Konseyi'nin (International Council of Scientific Unions, ICSU) desteğiyle ve Birleşmiş Milletler Doğal Afet Etkilerini Azaltma Uluslararası Onyılı (United Nations International Decade for Natural Disaster Reduction, UN/IDNDR) çerçevesinde teori ve metotların uygulanacağı bir program olarak onaylanmış, altı yıllık çalışma süresi sonunda 1999 yılında sonlandırılmıştır. GSHAP sismik bölgeleme yapmasıyla dünya çapındaki ilk proje olarak öne çıkmakta, sonlandırılmış olmasına rağmen raporlarının, haritalarının, deprem verilerinin indirilmesine ve kullanılmasına günümüzde de olanak sağlamaktadır. 500'den fazla bilim insanının katıldığı bu proje ile küresel ölçekte bir sismik veri haritası oluşturulmuştur.

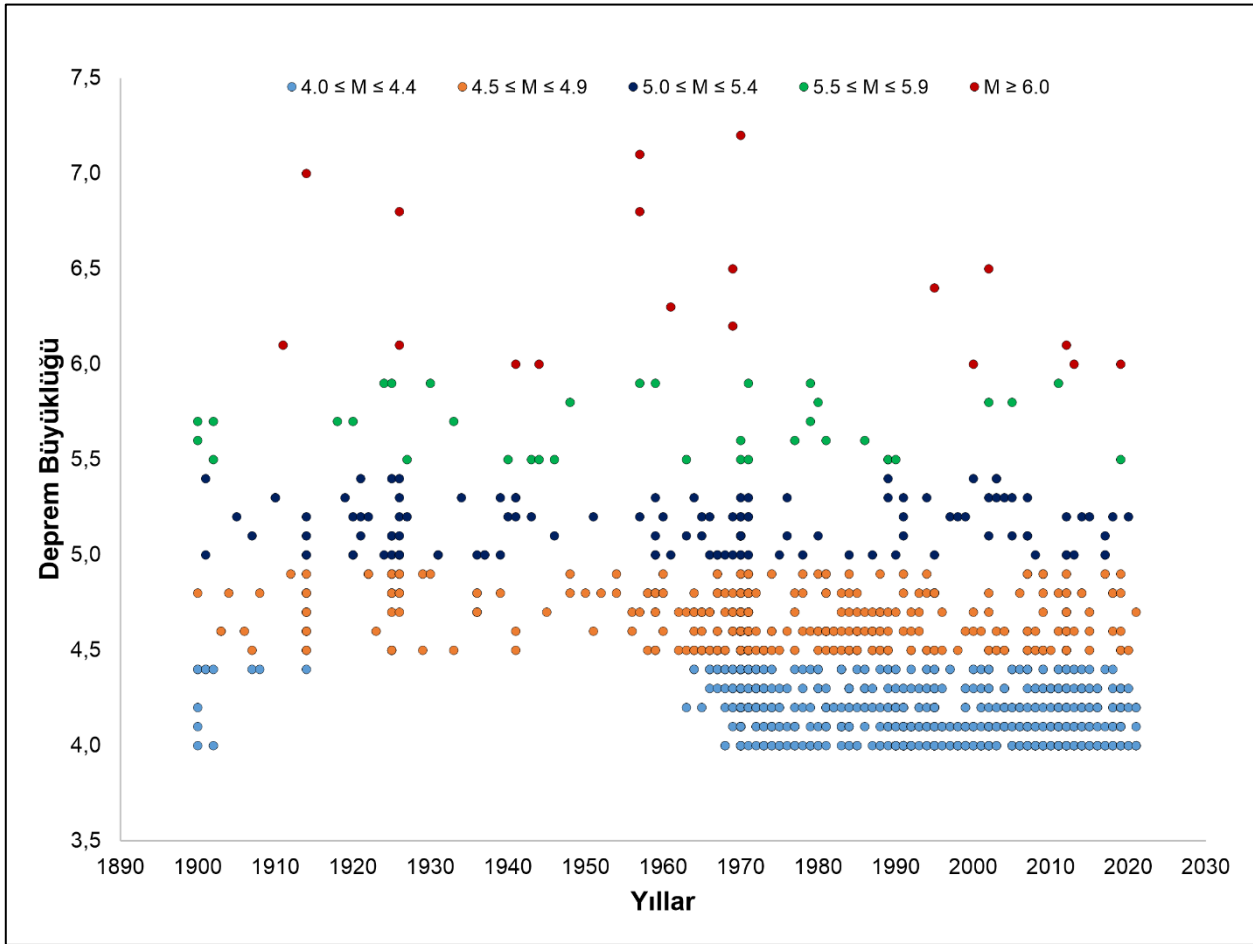
GSHAP tarafından önerilen Küresel Sismik Tehlike Haritası (Global Seismic Hazard Map, GSHM), Pasifik Çevresi Sismik Kuşağı (Circum-Pacific Seismic Belt, CP SB) ve Alp-Himalaya Orojenik Kuşağı (Alpine-Himalayan Orogenic Belt, A-H OB) olmak üzere iki ana deprem bölgesini işaret etmektedir. Türkiye konumu itibarıyla Alp-Himalaya Orojenik Kuşağı'nda yer almakta ve GSHM'ye göre Türkiye'de orta ile yüksek arasında değişen farklı sismik tehlike seviyeleri gözlenmektedir.

Ülkemizde 1 Ocak 2019 itibarıyla yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritası (Şekil 3), GSHM ile üst seviyede örtüşme göstermektedir. GSHM'de  $m/s^2$  birimi ile sunulan değerler TDTH'de maksimum yer ivmesi (PGA, g) cinsinden verilmektedir. Ülkemizin içinde bulunduğu Alp-Himalaya Orojenik Kuşağı için GSHM'de  $m/s^2$  olarak belirtilen ivme değerleri (4,8; 4,0; 3,2; 2,4; 1,6; 0,8  $m/s^2$ ) TDTH içinde sırasıyla yaklaşık olarak 0,5g; 0,4g, 0,3g; 0,2g; 0,15g ve 0,08g değerlerine karşılık gelmektedir.

### *Sismik Tehlike Parametreleri*

Bucak merkezli 220 km yarıçaplı ( $R = 220$  km) bir daire ile modellenen çalışma alanının sismik parametrelerinin analizi için AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı Türkiye Deprem Kataloğu'ndan alınan ve depremlerin büyüklüğünü, lokasyonunu ve tarihini içeren deprem verileri kullanılmıştır (AFAD, 2022). Deprem kataloğu 1900 ile 2022 yılları arasındaki süreyi kapsamakta ve  $M \geq 4.0$  büyüklüğündeki 1343 olayı içermektedir (Şekil 4). Çalışma alanında büyüklüklerine göre gerçekleşen deprem sayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Veri setinin tamlık büyüklüğü (magnitude of completeness,  $M_c$ ), sismik tehlike analizleri için önemli bir parametredir (Bilim, 2019; Mignan vd., 2013; Woessner ve Wiemer, 2005). Tamlık büyüklüğü tahmini için Gutenberg-Richter (1944) yasası kullanılmaktadır. Deprem büyüklüğü ve sayıları, ilgili referans büyüklüğünden daha büyük olan tüm depremleri kapsayacak şekilde birikimli (kümülatif) olarak belirlenmekte (Tablo 2), daha sonra deprem sayılarını logaritmik ölçekte gösterecek şekilde deprem büyüklüğü ve kümülatif deprem sayısı dağılım grafiği çizilmektedir (Şekil 5). Grafikteki istatistiksel ilişki  $M_c$ 'yi tahmin etmek için kullanabilmekte ve grafiğe uygulanan doğrusal çizgi ile verilerin çizgiden ayrıldığı nokta tamlık büyüklüğünü ifade etmektedir. Çalışma bölgesine ait veri seti için çizilen grafikte doğrusal çizginin bozulmadığı görülmüş, bu sebeple  $M = 4.0$ 'dan büyük depremler için katalogun tamamlanmış olduğu belirlenmiş ve  $M_c = 4.0$  kabulü yapılarak analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. Deprem Büyüklüklerinin Yıllara Göre Dağılımı (1900-2022)

Sismik tehlikenin değerlendirilmesi için belirlenmesi gereken sismik kaynak bölgelerinin türetilmesinin ideal ve kanıtlanmış bir yolu maalesef bulunmamaktadır. Halen uygulayıcının öznel değerlendirmesi ve kararı olmaya devam etmektedir (Wiemer vd., 2009). Alansal kaynak belirlemek için çeşitli modeller geliştirilmiştir. Tarihsel depremsellik verileri ile belirlenen modeller olduğu gibi daha büyük bölgeler kullanarak, bölgenin ana tektonik özelliklerini yakalamaya çalışan modeller de geliştirilmiştir (Wiemer vd., 2009). Bu çalışma alanında yapılacak olan PSHA için, deprem verilerinin yanı sıra Türkiye Diri Fay Haritası'ndan elde edilen sismotektonik yapı da dikkate alınarak, bölgede beş (I-V) sismik alan kaynağı belirlenmiştir (Şekil 6). Sismik alan kaynaklarının işlenmesi, açık kaynaklı bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan Quantum GIS (v.2.14.19) ile gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda depremler, tamlık büyüklüğü en küçük büyüklük olacak şekilde,  $4.0 \leq M \leq 4.4$ ;  $4.5 \leq M \leq 4.9$ ;  $5.0 \leq M \leq 5.4$ ;  $5.5 \leq M \leq 5.9$  ve  $M \geq 6.0$  olarak beş büyüklük sınıfına ayrılmıştır. Tüm sınıflar için depremlerin tamamlanma süreleri Mulargia (1987) yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Her bir sınıfa dahil olan depremler, ilk deprem zamanından son deprem zamanına doğru sıralanmış, kümülatif olarak grafiğe aktarılmıştır (Şekil 7). Aynı grafik, tamamlanma sürelerinin belirlenebilmesi için, her deprem büyüklük sınıfı için ayrı ayrı da çizilmiştir (Şekil 8a-e). Depremlerin büyüklük sınıflarına göre oluş sayıları ile tamamlanma yılı ve 2022 yılına göre tamamlanma farkı Tablo 3'te verilmiştir. Deprem büyüklük sınıfları için elde edilen tamamlanma yılları ile  $M_c = 4.0$  kabulü bütün sismik alan kaynakları için aynı uygulanmıştır.

**Tablo 1.** Deprem Büyüklüklerine Karşılık Gelen Oluş Sayıları (1900-2022)

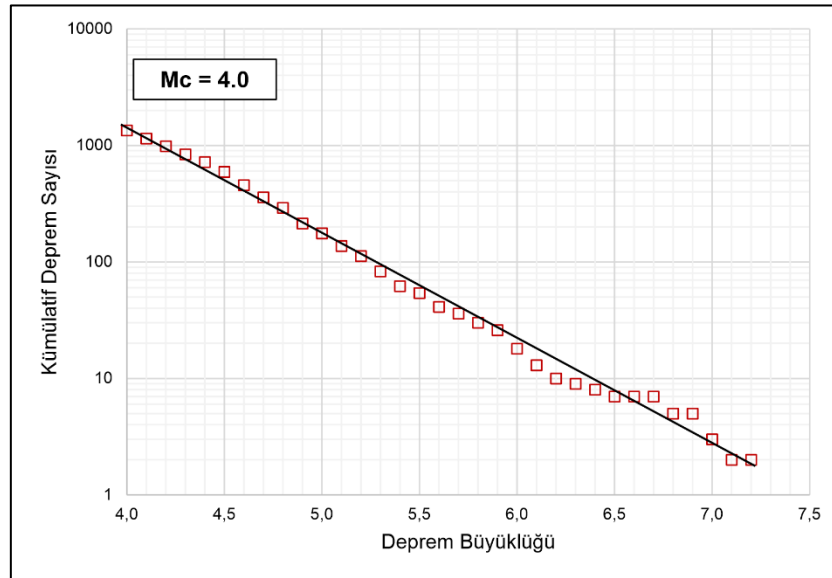
M	N <sub>i</sub>	M	N <sub>i</sub>	M	N <sub>i</sub>
4.0	199	5.1	25	6.2	1
4.1	160	5.2	29	6.3	1
4.2	145	5.3	21	6.4	1
4.3	118	5.4	8	6.5	2
4.4	129	5.5	13	6.6	0
4.5	136	5.6	5	6.7	0
4.6	97	5.7	6	6.8	2
4.7	68	5.8	4	6.9	0
4.8	77	5.9	8	7.0	1
4.9	38	6.0	5	7.1	1
5.0	39	6.1	3	7.2	1

M: Deprem Büyüklüğü, N<sub>i</sub>: Deprem Sayısı

**Tablo 2.** Deprem Büyüklüklerine Karşılık Gelen Kümülatif Oluş Sayıları (1900-2022)

M ≥	N	M ≥	N	M ≥	N
4.0	1343	5.1	137	6.2	10
4.1	1144	5.2	112	6.3	9
4.2	984	5.3	83	6.4	8
4.3	839	5.4	62	6.5	7
4.4	721	5.5	54	6.6	7
4.5	592	5.6	41	6.7	7
4.6	456	5.7	36	6.8	5
4.7	359	5.8	30	6.9	5
4.8	291	5.9	26	7.0	3
4.9	214	6.0	18	7.1	2
5.0	176	6.1	13	7.2	2

M: Deprem Büyüklüğü, N: M'den Büyük (Kümülatif) Deprem Sayısı

**Şekil 5.** Tamlık Büyüklüğü (Mc) Belirlenmesi

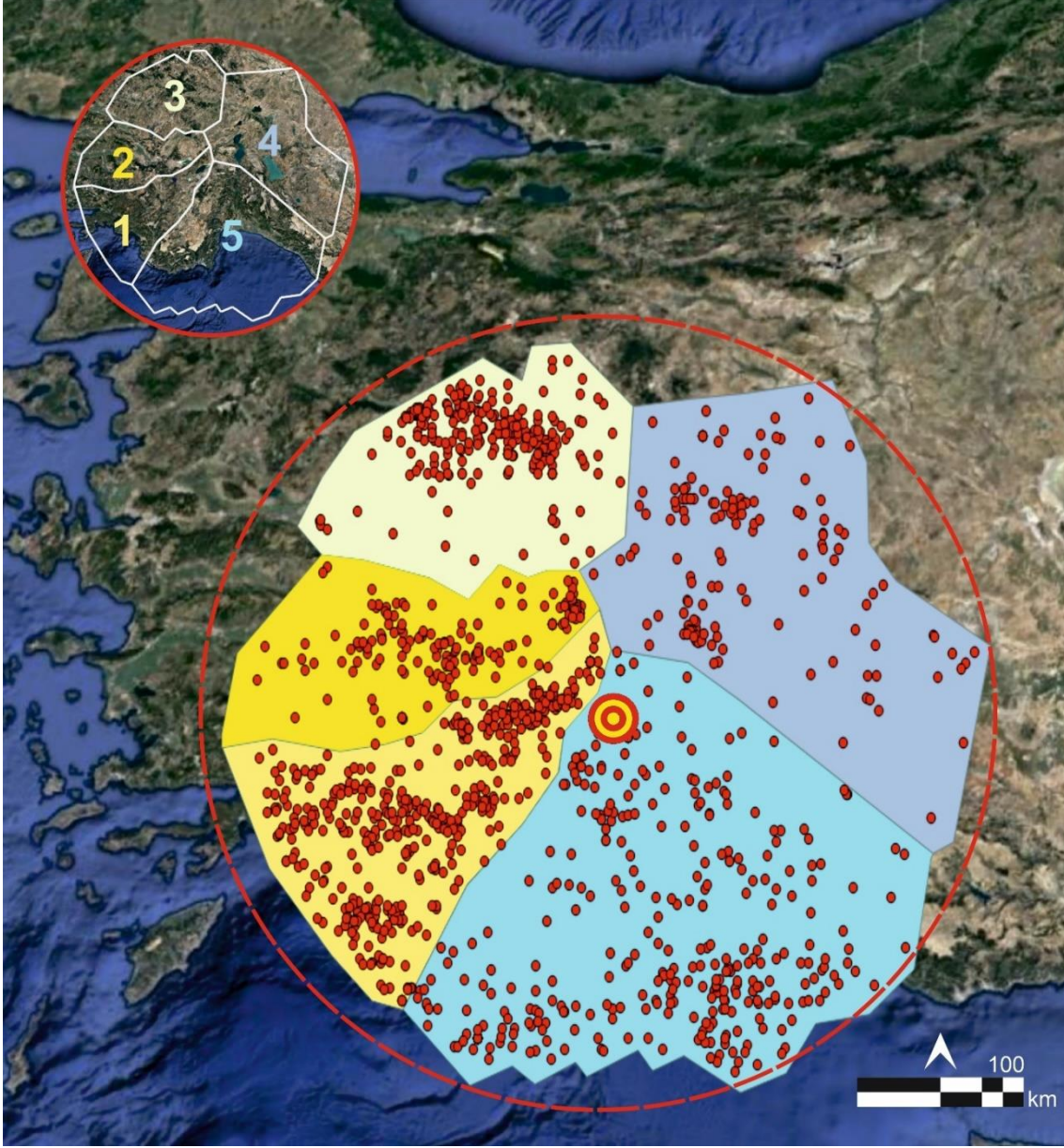
Sismik alan kaynaklarının tekrarlanma parametreleri, belirli bir bölgedeki birim zamanda gerçekleşen deprem büyüklüğü ile deprem sayısı arasındaki ilişkiyi ifade eden ve (1) bağıntısı ile gösterilen Gutenberg-Richter (1944) formülü ile hesaplanır. Bu eşitlik sayesinde büyüklüğü  $M_i$  veya üzeri olan depremin yıllık ortalama aşılma oranları  $n(M_i)$ ,  $M_i$  ile belirtilen deprem büyüklüğüne eşit veya bu değerden büyük yıllık deprem sayıları ( $10^a$ ) ve depremlerin göreceli oluş olasılıkları ( $b$  değeri) arasında ilişki kurulmaktadır (Kramer, 1996). Her sismik alan kaynağı için deprem olasılıklarını ortaya çıkarabilmek için Gutenberg-Richter (1944) parametrelerinin tümüne gereksinim duyulmaktadır.

$$\log n(M_i) = a - b \cdot M_i \quad (1)$$

$n(M_i)$  : birim zaman başına  $M_i$  veya daha büyük büyüklükteki olay sayısı (aşılma oranı)

$a$  : alanın genel depremselliğini tanımlayan değer (aktivite)

$b$  : göreceli oluş olasılıklarını ifade eden değer

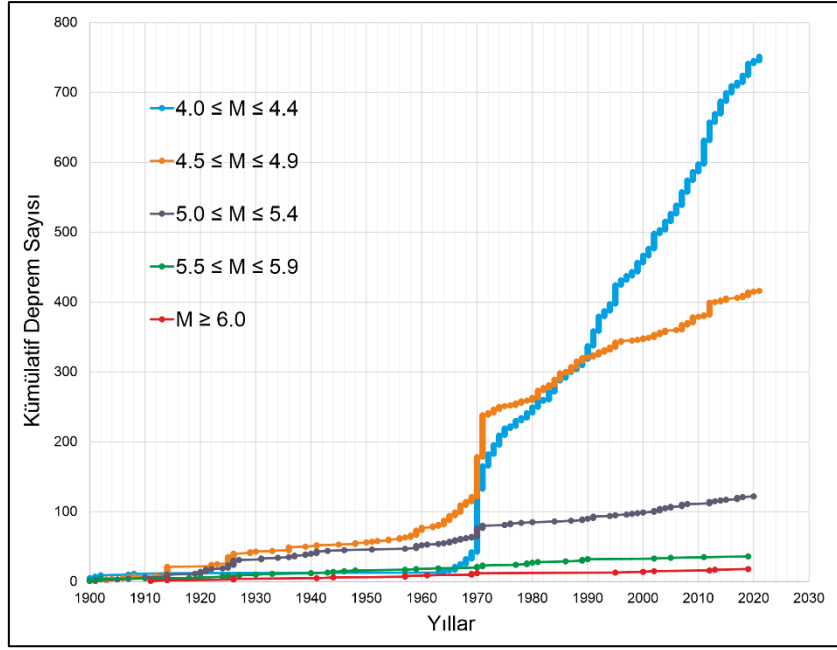


Şekil 6. Çalışma Kapsamındaki Belirlenen Sismik Alan Kaynaklar ve Bölgede Meydana Gelen Bütün Depremlerin Noktasal Olarak Gösterimi

Her sismik alan kaynağına ait parametrelere ulaşabilmek için, deprem verilerinin her kaynak için sınıflandırılması gerekmektedir. Her bölgede gerçekleşen depremler için deprem büyüklüğü ( $M_i$ ), tamamlanma yılı (T) ve deprem sayısı ( $N_i$  1-5) Tablo 4’te verilmektedir.

Tablo 3. Deprem Büyüklük Sınıflarına Göre Oluş Sayıları ve Tamamlanma Süreleri

Deprem Büyüklük Sınıfı	Deprem Sayısı	Tamamlanma Yılı (T)	Fark (t, yıl)
$4.0 \leq M \leq 4.4$	751	1972	50
$4.5 \leq M \leq 4.9$	416	1971	51
$5.0 \leq M \leq 5.4$	122	1970	52
$5.5 \leq M \leq 5.9$	36	1918	104
$M \geq 6.0$	18	1911	111

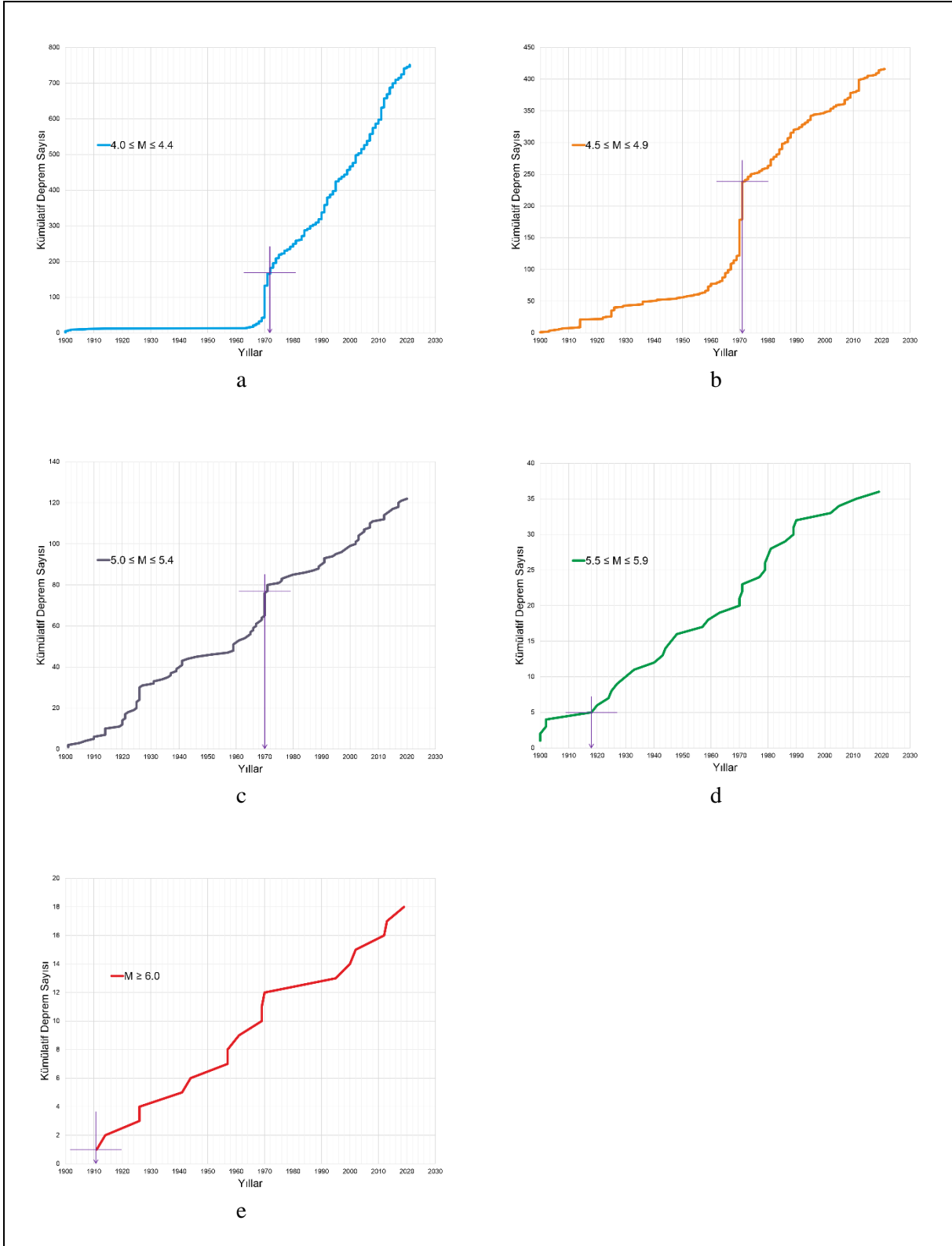


Şekil 7. Deprem Büyüklük Sınıflarına Göre Kümülatif Deprem Sayıları

Tablo 4. Deprem Büyüklüklerinin Tamamlanma Yılları ve Sismik Alan Kaynaklarına Göre Oluş Sayıları

$i$	$M_i$	T	$N_i(1)$	$N_i(2)$	$N_i(3)$	$N_i(4)$	$N_i(5)$
1	4.0	1972	56	24	29	23	67
2	4.1	1972	45	18	27	18	52
3	4.2	1972	46	16	34	15	34
4	4.3	1972	34	6	37	12	29
5	4.4	1972	48	11	29	16	25
6	4.5	1971	45	19	30	10	32
7	4.6	1971	36	7	27	9	18
8	4.7	1971	19	13	13	6	17
9	4.8	1971	31	14	13	5	14
10	4.9	1971	13	3	8	7	7
11	5.0	1970	17	6	4	3	9
12	5.1	1970	8	4	5	3	5
13	5.2	1970	9	4	3	2	11
14	5.3	1970	9	5	1	3	3
15	5.4	1970	1	3	1	1	2
16	5.5	1918	5	1	3	2	2
17	5.6	1918	0	1	2	0	2
18	5.7	1918	0	2	1	2	1
19	5.8	1918	0	0	0	1	3
20	5.9	1918	3	1	1	1	2
21	6.0	1911	1	1	1	1	1
22	6.1	1911	2	0	0	0	1
23	6.2	1911	0	0	0	0	1
24	6.3	1911	1	0	0	0	0
25	6.4	1911	0	1	0	0	0
26	6.5	1911	0	0	1	1	0
27	6.6	1911	0	0	0	0	0
28	6.7	1911	0	0	0	0	0
29	6.8	1911	1	0	0	0	1
30	6.9	1911	0	0	0	0	0
31	7.0	1911	1	0	0	0	0
32	7.1	1911	1	0	0	0	0
33	7.2	1911	0	0	1	0	0
		$\Sigma$	432	160	271	141	339





**Şekil 8.** Deprem Büyüklük Sınırlarına Göre Kümülatif Deprem Sayıları. **a.**  $4.0 \leq M \leq 4.4$  **b.**  $4.5 \leq M \leq 4.9$   
**c.**  $5.0 \leq M \leq 5.4$  **d.**  $5.5 \leq M \leq 5.9$  **e.**  $M \geq 6.0$

Oluş Sıklığı ve Deprem Büyüklüğü Dağılımı (Frequency-Magnitude Distribution, FMD) ile belirlenebilen a ve b sabitlerinin hesaplanmasında en küçük kareler yöntemi (least squares method) ve en büyük olasılık yöntemi (maximum likelihood method) gibi yöntemler kullanılabilir. Bu çalışmada bu yöntemleri kullanan bağıntılar (Utsu, 1966; Aki, 1965; Weichert, 1980) kullanılmıştır. Utsu (1966), en büyük olasılık tahmini ile verilen örnek tahminindeki güven sınırlarını ifade eden b değerini (2) bağıntısı ile tanımlamıştır.  $M_0$  değeri, depremlerin tamamlanma sürelerinden sonraki en küçük deprem büyüklüğünü ifade ettiğinden en küçük deprem büyüklüğü tamlık

büyüklüğüne eşit olarak ( $M_0 = Mc$ ) kullanılmıştır. Meydana gelen depremlerin büyüklük değerlerinin oluş adetleri ile çarpılması ve tüm bu değerlerinin toplamının toplam oluş sayısına bölünmesi ile elde edilen ağırlıklı deprem büyüklükleri ortalaması (3) bağıntısı ile tanımlanmıştır.

$$b = \frac{\log_{10} e}{(\bar{M} - M_0)} \quad (2)$$

b : göreceli oluş olasılıklarını ifade eden değer  
 $\bar{M}$  : deprem büyüklüklerinin ağırlıklı ortalaması (3)  
 $M_0$  : en küçük deprem büyüklüğü (=Mc)

$$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^N (M_i \cdot N_i)}{N} \quad (3)$$

$M_i$  : deprem büyüklüğü  
 $N_i$  : deprem büyüklüğünün oluş sayısı  
 $N$  : toplam oluş sayısı

Aki (1965),  $\beta$  değerini (4) bağıntısı ile tanımlamış ve deprem büyüklükleri cinsinden (5) bağıntısı ile ifade etmiştir.

$$\beta = b \cdot \ln 10 \quad (4)$$

$$\beta = \frac{1}{\bar{M} - M_0} \quad (5)$$

Weichert (1980) referans depremin olasılığını,  $\beta$  değerini (Aki, 1965) kullanarak (6) bağıntısı ile ifade etmiş aynı zamanda tüm depremlerin yıllık ortalama aşılma oranını (7) bağıntısı ile tanımlamıştır. Son olarak Gutenberg-Richter (1944) bağıntısında kullanılmak üzere,  $M_i$  büyüklüğündeki depremin yılda ortalama aşılma oranını (8) bağıntısı ile elde etmiştir.

$$q_i = \frac{\exp(-\beta \cdot M_i)}{\sum_{i=1}^N \exp(-\beta \cdot M_i)} \quad (6)$$

$q_i$  : depremin oluş olasılığı

$$N_a = \frac{N \cdot [\sum_{i=1}^N \exp(-\beta \cdot M_i)]}{\sum_{i=1}^N [T_i \cdot \exp(-\beta \cdot M_i)]} \quad (7)$$

$N_a$  : yıllık ortalama aşılma oranı (en küçük deprem büyüklüğü için)  
 $T_i$  : deprem büyüklüğüne ait tamamlanma yıl farkı

$$n(M_i) = N_a \cdot q_i \quad (8)$$

$n(M_i)$  :  $M_i$ 'den büyük depremlerin yılda ortalama aşılma oranı

Bir bölgedeki sismik hareketlerin oluş oranlarını tahmin etmek, bölgenin deprenselliğini modellemek için hemen hemen tüm sismik tehlike çalışmalarında Homojen Poisson Modeli uygulanmaktadır. Poisson sürecinin, ilgili yer hareketi parametrelerinin aşılma olasılıklarının hesaplanmasında geçerli olduğu varsayılmaktadır. Buna göre, bir P olayının olasılığı, yer hareketi  $n(M_i)$ 'nin yıllık aşılma oranı ve öngörülen süre ile ilgili olup (8) bağıntısı ile ifade edilmektedir. Bu aşamaya kadar Gutenberg-Richter (1944) parametrelerinden ikisi olan  $n(M_i)$  ve  $b$  değeri elde edilmiş olup, (1) bağıntısı kullanılarak üçüncü terim olan  $a$  değeri de elde edilebilmektedir. (1) bağıntısı, negatif eğimli standart bir  $y = -m \cdot x + n$  doğru denklemi ile benzerdir. Bu benzerlik sayesinde  $a$  ve  $b$  değerleri  $\log(n(M_i)) - M_i$  dağılımı ile de elde edilebilmektedir (Şekil 9a-e). Bu denklemlerde  $n = a$  ve  $m = b$  olduğu görülmektedir.

Son aşamada, istenilen sürede (t) meydana gelme ihtimali bulunmak istenen depremin ( $M_P$ ) olasılığı belirlenebilmektedir. Bu sebeple referans deprem büyüklüğünün yıllık aşılma oranını ( $n(M_P)$ ) belirleyebilmek için a ve b değerleri (1) bağıntısında kullanılarak (10) bağıntısı elde edilmektedir.

$$P = 1 - e^{-n(M_P) \cdot t} \quad (9)$$

$$n(M_P) = 10^{a-b \cdot M_P} \quad (10)$$

P : bir depremin olasılığı

$n(M_P)$  :  $M_P$  büyüklüğündeki depremin yılda ortalama aşılma oranı

t : depremin meydana gelmesi için öngörülen süre

## BULGULAR

Sismik tehlike parametreleri, bahsedilen metodoloji uygulanarak her sismik alan kaynağı için ayrı ayrı tespit edilmektedir. Ayrıca her sismik alan kaynağı için, en küçük deprem büyüklüğünü ifade eden  $M_0$  parametresinin  $M_0 = M_c = 4.0$  olarak kullanıldığı da tekrar belirtilmelidir.

Deprem büyüklüklerinin ağırlıklı ortalamasını hesaplamak için Tablo 4'teki deprem büyüklüğü ve deprem sayısı dikkate alınmıştır.  $\bar{M}$ , b ve  $\beta$  değerlerini hesaplamak için sırasıyla (3), (2), (4) bağıntıları kullanılabilir. Bu tamamen kullanıcının takdirine bırakılmaktadır. Bu çalışmada (3) bağıntısı ile  $\bar{M}$  değeri bulunduktan sonra (5) bağıntısı ile  $\beta$  değerine doğrudan ulaşılmış, b değeri (10) bağıntısına kadar kullanılmayacağı için bu değer ilgili aşamada (4) bağıntısından çekilerek elde edilmiştir. Daha sonra  $\beta$  değeri kullanılarak her bir deprem büyüklüğünün tekil olasılığı ve bölgenin yıllık ortalama aşılma oranı sırasıyla (6) ve (7) bağıntıları ile hesaplanmıştır. Son olarak da (8) bağıntısı ile  $M_P$ 'den büyük depremlerin yılda ortalama aşılma oranı kümülatif olarak elde edilmiştir.

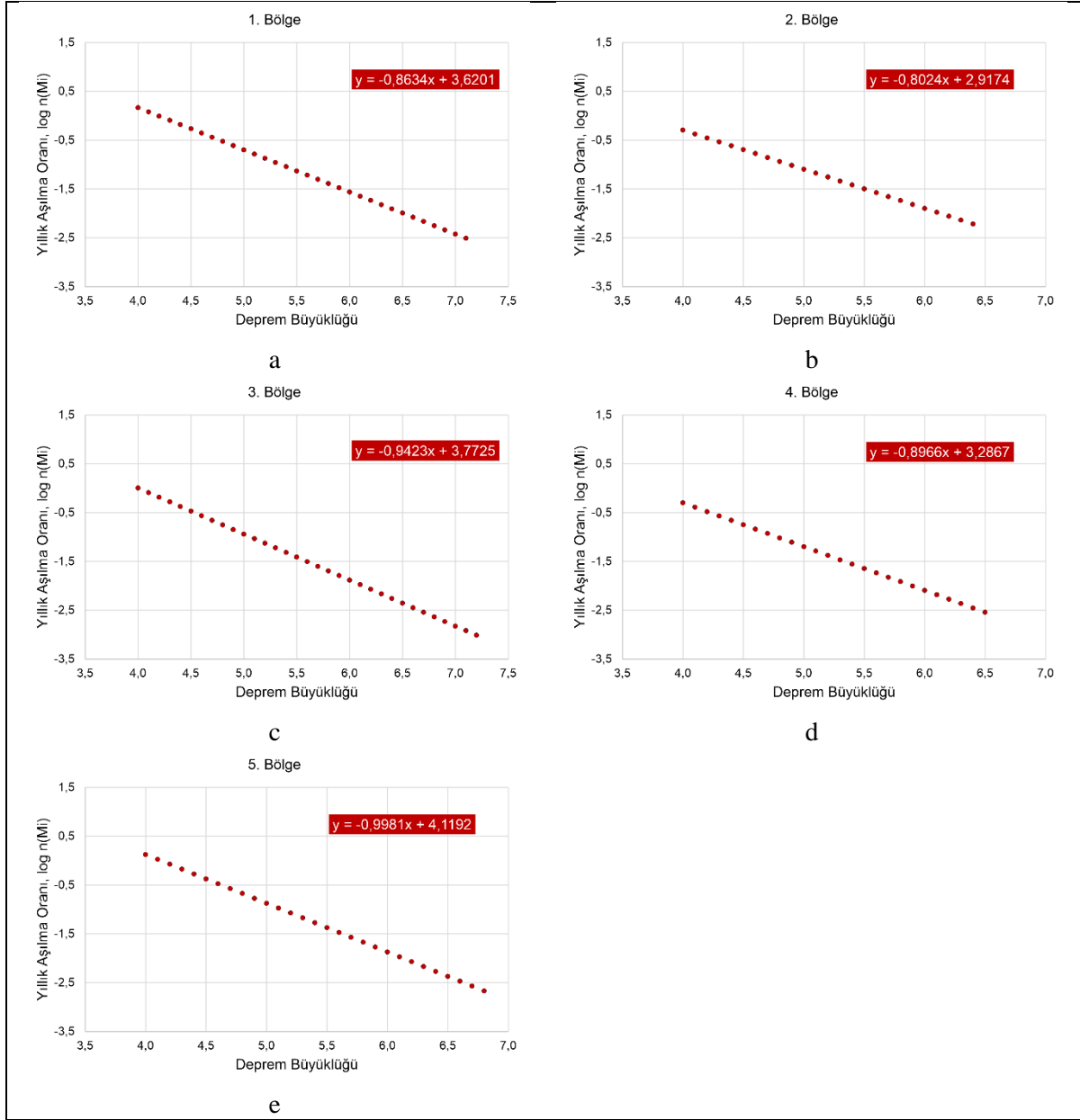
Her sismik alan kaynak için bulunan ve o bölge için değişmeyen; ağırlıklı deprem büyüklükleri ortalaması, en büyük ve en küçük deprem büyüklükleri,  $\beta$  değeri ve yıllık ortalama aşılma oranı ile hesaplanan a ve b değerleri Tablo 5'te verilmiştir. b değeri (4) bağıntısından çekilerek (11) bağıntısı aracılığıyla, a değeri ise (1) bağıntısında herhangi bir ( $M_i$ ,  $n(M_i)$ ) çifti kullanılarak bulunmuştur. Örneğin;  $M_i$  yerine en küçük deprem büyüklüğü olan 4.0 ve  $n(M_i)$  yerine de  $M_i = 4.0$  için hesaplanan  $n(M_i)$  değeri konularak hesaplama yapılabilir.

$$b = \beta \cdot \log_{10} e \quad (11)$$

**Tablo 5.** Her Sismik Alan Kaynağı (Bölge) için Bulunan Sabit Değerler

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge
$\bar{M}$	4.50	4.54	4.46	4.48	4.44
$M_{büyük}$	7.1	6.4	7.2	6.5	6.8
$M_{küçük}$	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
$\beta$	1,98803	1,84758	2,16974	2,06442	2,29831
$N_a$	8,12422	2,99544	5,16141	2,67684	6,51074
<b>a</b>	3,62007	2,91743	3,77247	3,28666	4,11921
<b>b</b>	0,86339	0,80239	0,94230	0,89657	0,99814

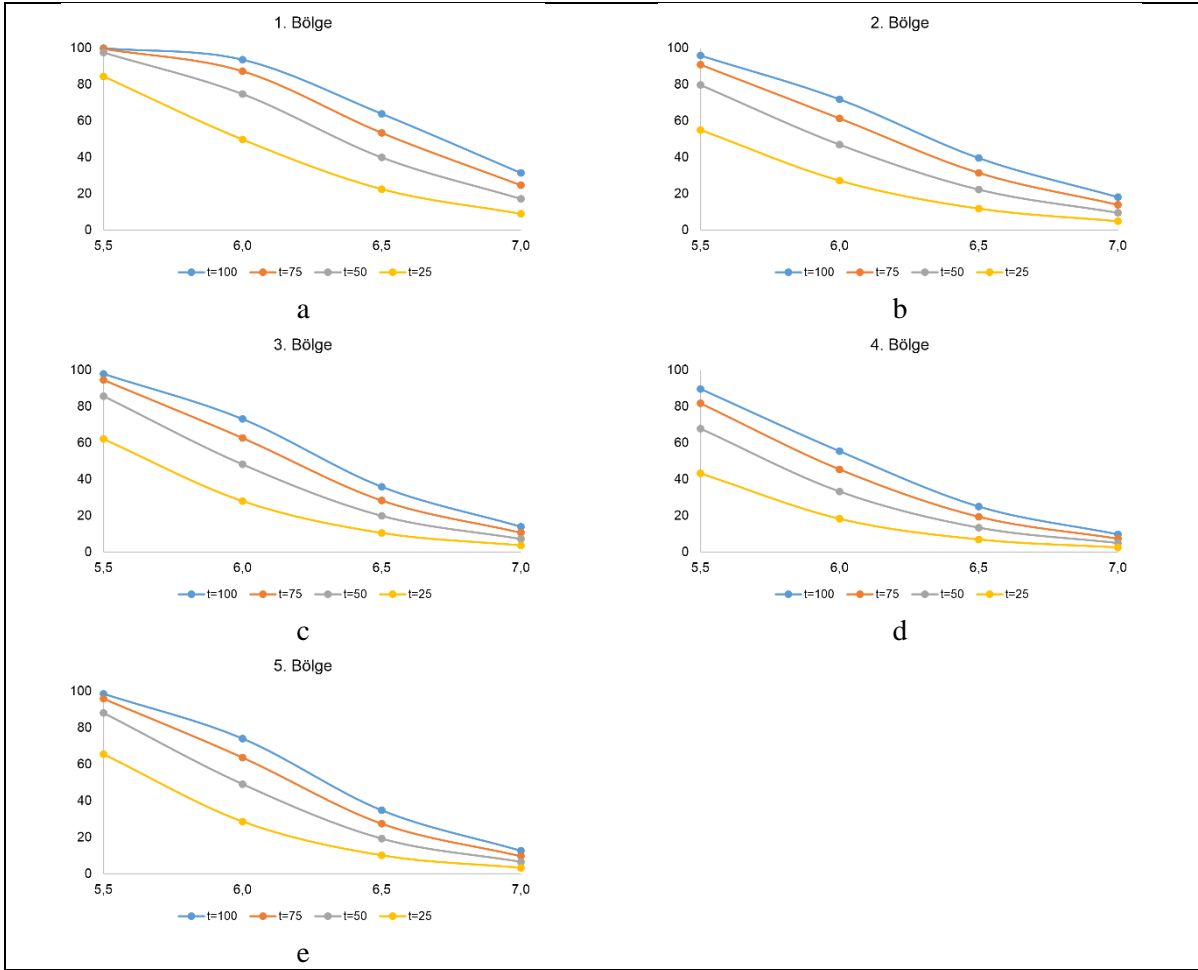
Depremlerin olasılık hesabında ise, olasılığı istenen depremin ( $M_P$ ) yılda ortalama aşılma oranı ( $n(M_P)$ ), hesaplanan veya grafik ile tespit edilen a ve b değerleri kullanılarak (10) bağıntısı ile elde edilmektedir. Daha sonra yılda ortalama aşılma oranı, depremin meydana gelmesi için öngörülen süre ile birlikte (9) bağıntısında kullanılarak nihai deprem olasılığına erişilmektedir (Tablo 6 ve Şekil 10a-e). Ayrıca tüm bölgeler için  $t = 100, 75, 50, 25$  yıllık deprem olasılıkları tekil grafikler ile karşılaştırılmıştır (Şekil 11a-e)



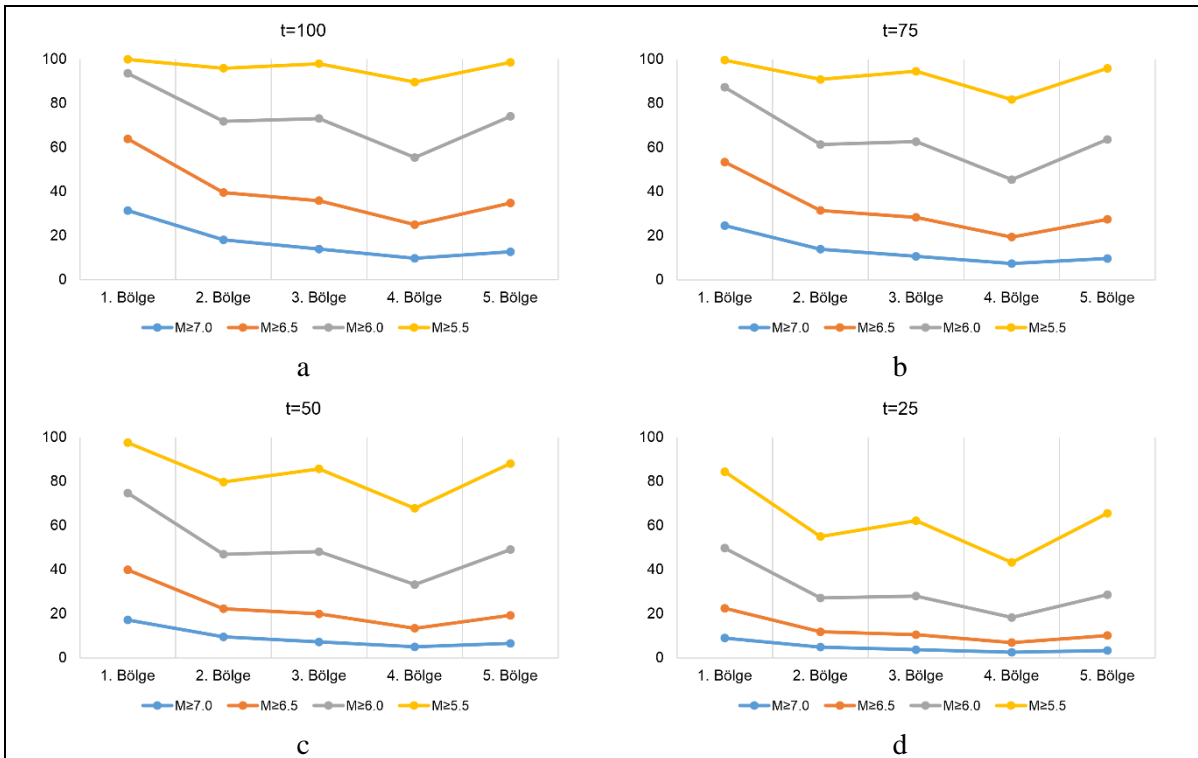
**Şekil 9.** Bütün Sismik Alan Kaynakları için a ve b Değerlerinin Grafik Yöntem ile Bulunması.  
a. 1. Bölge b. 2. Bölge c. 3. Bölge d. 4. Bölge e. 5. Bölge

**Tablo 6.** Tüm Bölgeler için t = 25, 50, 75, 100 Yıllık  $M \geq 5.5$  Deprem Olasılıkları

t	1. Bölge				t	2. Bölge			
	$M \geq 5.5$	t = 75	$M \geq 6.5$	$M \geq 7.0$		$M \geq 5.5$	$M \geq 6.0$	$M \geq 6.5$	$M \geq 7.0$
t = 100	99,94	93,62	63,89	31,41	t = 100	95,90	71,86	39,55	18,11
t = 75	99,62	87,31	53,42	24,63	t = 75	90,88	61,36	31,44	13,92
t = 50	97,57	74,75	39,91	17,18	t = 50	79,75	46,95	22,25	9,51
t = 25	84,42	49,75	22,48	8,99	t = 25	54,99	27,16	11,82	4,87
t	3. Bölge				t	4. Bölge			
	$M \geq 5.5$	$M \geq 6.0$	$M \geq 6.5$	$M \geq 7.0$		$M \geq 5.5$	$M \geq 6.0$	$M \geq 6.5$	$M \geq 7.0$
t = 100	97,95	73,13	35,86	13,94	t = 100	89,64	55,41	25,00	9,74
t = 75	94,59	62,68	28,33	10,65	t = 75	81,74	45,44	19,41	7,40
t = 50	85,69	48,16	19,91	7,23	t = 50	67,82	33,23	13,40	5,00
t = 25	62,17	28,00	10,51	3,68	t = 25	43,27	18,28	6,94	2,53
t	5. Bölge								
	$M \geq 5.5$	$M \geq 6.0$	$M \geq 6.5$	$M \geq 7.0$					
t = 100	98,59	74,08	34,81	12,68					
t = 75	95,90	63,67	27,45	9,67					
t = 50	88,12	49,09	19,26	6,55					
t = 25	65,53	28,65	10,14	3,33					



Şekil 10. Tüm Bölgeler için  $t = 25, 50, 75, 100$  yıllık  $M \geq 5.5$  Deprem Olasılıkları. a. 1. Bölge b. 2. Bölge c. 3. Bölge d. 4. Bölge e. 5. Bölge



Şekil 11. Tüm Bölgeler için Yıllara Göre  $M \geq 5.5$  Deprem Olasılıkları. a.  $t = 100$  b.  $t = 75$  c.  $t = 50$  d.  $t = 25$

## TARTIŞMA

Sismik tehlike analizleri tek başına yeterli sonuçlara ulaşılmasını sağlıyor gibi görünse de deprem olasılıkları için kesin bir sonuca varabildiği söylenemez. Sismik tehlike analizlerindeki amaç, öngörülen sürede belirlenen bir bölgede meydana gelebilecek depremlerin gerçekleşmesinin tahmini değerlendirilmesinden ibarettir. Analizin en başında yapılan sismik alan kaynaklarının ayrıştırılması aşamasından başlayarak çok titiz bir çalışma gerektirmekte, bu aşamada bile bölgeleme işleminin ideal ve herkesçe benimsenmiş bir yolu ne yazık ki bulunmamakta, uygulayıcının kişisel kararı olarak uygulanmaya devam edilmektedir (Wiemer vd., 2009). Bölgeleme işleminin sadece depremsellik verilerinden veya sadece ana tektonik özelliklerden faydalanarak yapılabildiği gibi bu çalışmada olduğu gibi her ikisinin de kullanılarak yapıldığı görülebilmektedir. Analizin gerçekçi sonuçlara ulaşabilmesi, depremsellik verilerinin yanı sıra tektonik özelliklerden faydalanarak yapılabildiği gibi bu çalışmada olduğu gibi her ikisinin de kullanılarak yapıldığı görülebilmektedir. Analizin gerçekçi sonuçlara ulaşabilmesi, depremsellik verilerinin yanı sıra tektonik özelliklerden faydalanarak yapılabildiği gibi bu çalışmada olduğu gibi her ikisinin de kullanılarak yapıldığı görülebilmektedir. Bir sismik tehlike analizi için dört aşama uygulanabilmektedir. Bunlar, sismik kaynak bölgelerinin karakterizasyonu, sismik tehlike parametrelerinin tahmini, uygun sönümlenme ilişkilerinin seçimi ve bölgeler için sismik tehlikenin değerlendirilmesidir (Kartal vd., 2014a,b).

Deprem konusunda çalışan mühendisler, deprem kuvvetlerine dayanıklı binalar inşa etmeye ve olası deprem zamanını tahmin etmeye odaklanmaktadır. Bu tür çalışmalara devam edilmelidir ancak bu analizler ile birlikte sismik olarak aktif bölgelerdeki inşaatlar için uygun sahaların seçilmesi süreci birlikte ele alınmalıdır (Leventeli vd., 2020). Toprak zemin ile kaya zeminin mühendislik özelliklerinin çok farklı olması ve sismik dalgaların kayada hızlıca sönümlendiği gerçeği ile hareket ederek, elde edilen analiz sonuçlarına yer seçimi sürecinde mutlaka yerel zemin koşulları da dahil edilmelidir (Yılmaz vd., 2022). Örneğin zemin sıvılaşması olgusu, depremlerin yıkıcılığının en önemli faktörlerinden birisidir ve deprem sarsıntısı veya benzeri hızlı ve büyük yüklere tepki olarak zeminin direncinin, sertliğinin ve yoğunluğunun yitimi olarak tanımlanmaktadır. Depremler sırasında sismik dalgalar ve özellikle kayma dalgaları, suya doygun taneli tabakalardan geçerken gevşek taneciklerin hareket etmesini ve farklı bölgeye yerleşmesine sebep olmaktadır (Celep ve Kumbasar, 2000). Bu tür zeminlerde yapılaşma öncesi mutlaka sıvılaşma riski, taşıma kapasitesi ve dayanım kriterleri analiz edilmelidir (Alpaslan vd., 2017).

Yapı yönetmeliğinin önemli bir bileşeni olan sismik tehlikenin niceliği, belirli bir zaman aralığında bir sahada deprem kaynaklı yer sarsıntısı tehlikesini ve bunun riske dönüşmesini tanımlamak, yapıların, olası bir depremin neden olacağı yer sarsıntısına dayanacak şekilde inşa edilmesini sağlamaktadır (Harmandar, 2022). Sismik tehlike analizleri, risk analizleri için öncül birer çalışmadır. Bu sebeple inşaat faaliyetleri açısından vazgeçilemez bir noktada bulunmakta hatta analizler sonucunda var olan tasarım parametrelerinin güncellenmesi önerilebilmektedir (Eroglu Azak ve Tekin, 2015; Işık ve Kutanis, 2015). Çalışmalar sonucunda güncelleme önerildiği gibi var olan harita ve yönetmeliklerinin uygunluğu da dile getirilmekte, ancak daha dar alanda gerçekleşen bölgesel çalışmaların daha nitelikli sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Karaca, 2017; İnce ve Kurnaz, 2018).

## SONUÇLAR

Anadolu'nun deprem olgusu ile karşı karşıya olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Bu çalışmadaki sismik bölgeleştirmeler, aletsel dönemde elde edilen deprem verileri ve bölgelerdeki diri fayların varlığına dayanmaktadır. Deprem analizlerinde odak uzaklığı ve ortaya çıkan enerji miktarı ile birlikte yerel zemin koşullarının da hesaba katılması gerektiği unutulmamalıdır. Sismik tehlike analizlerine göre deprem tehlikesinin yüksek olduğu görülen bölgelerde, mühendislik yapılarının yer seçimi sürecinde tehlike analizleri sonuçlarının yanında yerel zemin koşullarının da (kaya / toprak) dikkate alınması gereklidir.

Sismik tehlike analizleri bir dizi bağlantı ile çözümlenmeler yapılmasından ibaret olup, analizler için seçilecek olan kaynak bölgeler analizlerin temelini oluşturmaktadır. Analizler öncesinde gerçekleştirilen bu seçim işlemi ile sismik kaynaklar nokta, çizgisel ya da alan olarak ifade edilebilmekte, kaynak belirleme sürecinde deprem verileri kadar bölgelerin tektonik yapısı da dikkate alınmalıdır. Bucak (Burdur) merkezli 440 km çaplı bir dairesel alan içinde gerçekleştirilecek analizler öncesinde, çalışma alanı hem tektonik yapı hem de tektonik geçmişteki deprem verileri dikkate alınarak beş sismik alan kaynağına bölünmüştür. Veri setinin tamlık büyüklüğü Gutenberg-Richter (1944) yasası kullanılarak ( $M_c = 4.0$ ) tespit edilmiştir. Depremlerin yıllık aşılma oranları ve büyüklükleri dağılımı (FMD) ile belirlenebilen a ve b sabitlerinin hesaplanmasında en büyük olasılık yöntemi (maximum likelihood method) (Utsu, 1966) kullanılmış aynı zamanda bu iki parametre grafik yöntem ile de tespit edilmiş ve Gutenberg-Richter (1944) yasası için gerekli olan temel parametrelere ulaşılmıştır. Yer hareketi parametrelerinin aşılma olasılıklarının hesaplanmasında poisson modelinin geçerli olduğu varsayımından hareketle  $M \geq 5.5$  olarak öngörülen depremlerin  $t = 25, 50, 75, 100$  yıllık olasılık hesaplarında poisson modeli uygulanmıştır.

Tüm bölgeler analiz edildiğinde;

- $t = 100$  yıllık süre içinde tüm bölgelerin  $M \geq 5.5$  deprem olasılıklarında belirgin bir fark görülmemekte, ancak  $M \geq 7.0$ ,  $M \geq 6.5$  ve  $M \geq 6.0$  deprem olasılıklarında 1. bölge için yüksek değerler öne çıkmaktadır. Bu değerler 100 yıllık süre için 1. bölgeyi kritik olarak işaretlemektedir.
- Tüm zamanlar süresince, çalışma alanının kuzeyini temsil eden 2., 3. ve 4. bölgelerin deprem olasılıklarında yakın değerler görülmektedir. Aynı tektonik yapının devamını gösteren bu bölgeler için bu durumun beklenen şekilde tespit edildiği söylenebilmektedir.
- $t = 25$  yıllık süre içinde tüm bölgelerin  $M \geq 6.5$  ve  $M \geq 6.0$  deprem olasılıklarında yakın değerler görülmektedir ancak  $M \geq 5.5$  ve  $M \geq 6.0$  deprem olasılıklarında yine 1. bölge için göreceli yüksek değerler gözlenmektedir. Bu değerler 25 yıllık süre içinde beklenen  $M \geq 5.5$  ve  $M \geq 6.0$  depremleri özelinde 1. bölgeyi kritik olarak işaretlemektedir.
- Tüm zamanlar dağılımına bakıldığında öngörülen süre artırdıkça ( $t = 100$ ) büyüklüğü fazla olan depremlerin, öngörülen süre azaldıkça da ( $t = 25$ ) büyüklük olarak düşük olan depremlerin olasılıklarının arttığı, Gutenberg-Richter (1944) yasasına uygun olarak gözlenmektedir.

Bütün bu gözlemlerden sonra, hem tektonik veri geçmişi (deprenselliği) hem de içerisinde yer alan Fethiye-Burdur Fay Zonu sebebiyle çalışma alanının 1. bölgesinin deprem olasılıkları açısından en kritik bölge olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı), 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritası. <https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi>
- AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı), 2022. 1900-20xx Deprem Kataloğu ( $M \geq 4.0$ ) <https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu>
- Aki, K. (1965). Maximum likelihood estimate of b in the formula  $\log N = a - bM$  and its confidence limits. *Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo*, 43, 237-239.
- Alpaslan, N., Balci, M. C., & Öncül, N. (2017) Evaluation of Liquefaction Potential of the Alluvial Soil with Initial Acceleration Method, Province of Batman Case. *Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies*, 11, 361-369.
- Bilim, F. (2019). The correlation of b-value in the earthquake frequency-magnitude distribution, heat flow and gravity data in the Sivas Basin, central eastern Turkey. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 9(1), 11-15. <https://doi.org/10.17678/beuscitech.467269>
- Celep, Z., & Kumbasar, N. (2000). *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. Beta Dağıtım, İstanbul.
- Danciu, L., & Giardini, D. (2015). Global Seismic Hazard Assessment Program - GSHAP legacy. *Annals of Geophysics*, 58(1), S0109. <https://doi.org/10.4401/ag-6734>
- Dipova, N., & Cangir, B. (2011). Antalya ili yerleşim alanının deprenselliğinin araştırılması. *Geological Engineering Journal*, 35(2), 93-114.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., & Şaroğlu, F. (2013). Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası. Ölçek 1:1.250.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara-Türkiye. ISBN: 978-605-5310-56-1
- Eroğlu Azak, T., & Tekin, S. (2015). Probabilistic seismic hazard maps for Adana province in Turkey. *International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)*, 7(1), 103-120. <https://doi.org/10.24107/ijeas.251242>
- Giardini, D. (1999). The Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP) - 1992/1999. *Annali di Geofisica*, 42(6), 957-974.
- Giardini, D., Grünthal, G., Shedlock, K. M., & Zhang, P. (1999). The GSHAP Global Seismic Hazard Map. *Annali di Geofisica*, 42(6), 1225-1230.

- Giardini, D., Basham, P., & Berry, M. (1992). The global seismic hazard assessment program. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 73(48), 518-518. <https://doi.org/10.1029/91eo00383>
- Gutenberg, B., & Richter, C.F. (1944). Frequency of earthquakes in California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 34, 185-188.
- Harmandar, E. (2022). Spectral-based Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Fethiye, Muğla. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 96(1), 376-385. <https://doi.org/10.1111/1755-6724.14797>
- Işık, E., & Kutanis, M. (2015). Determination of local site-specific spectra using probabilistic seismic hazard analysis for Bitlis Province, Turkey. *Earth Sci. Res. J.*, 19(2), 129-134. <https://doi.org/10.15446/esrj.v19n2.50101>
- İnce, Y., & Kurnaz, T. F. (2018). Probabilistic seismic hazard analysis of Kahramanmaraş Province, Turkey. *Arab J Geosci*, 11(5), 97. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3434-5>
- Karaca, H. (2017). Güncel veriler ve olasılıksal sismik tehlike analizi kullanarak Eskişehir için sismik tehlike haritası ve ivme eğrileri elde edilmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32(1), 243-251. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.300615>
- Kartal, R. F., Beyhan, G., Keskinsezer, A., & Kadirioglu, F. T. (2014a). Seismic hazard analysis of Mersin Province, Turkey using probabilistic and statistical methods. *Arab J Geosci*, 7(10), 4443-4459. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-1104-1>
- Kartal, R. F., Beyhan, G., & Keskinsezer, A. (2014b). Seismic hazard analysis of Sinop province, Turkey using probabilistic and statistical methods. *J. Earth Syst. Sci.*, 123(3), 565-579. <https://doi.org/10.1007/s12040-014-0424-1>
- Kayabali, K. (2002). Modeling of seismic hazard for Turkey using the recent neotectonic data. *Engineering Geology*, 63(3-4), 221-232. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(01\)00082-5](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(01)00082-5)
- Kayabali, K. (1995). Sismik tehlike analizi: Teori ve uygulama. *Jeoloji Mühendisliği*, 46, 28-43.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice-Hall, NJ, 653 pp
- Leventeli, Y., Yilmazer, O., & Yilmazer, I. (2020). The importance of effective land use planning for reduction in earthquake catastrophe. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(19), 1010. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06042-x>
- Mignan, A., Jiang, C., Zechar, J. D., Wiemer, S., Wu, Z., & Huang, Z. (2013). Completeness of the Mainland China Earthquake Catalog and Implications for the Setup of the China Earthquake Forecast Testing Center. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 103(2A), 845-859. <https://doi.org/10.1785/0120120052>
- Mulargia, F., Gasperini, P., & Tinti, S. (1987). A procedure to identify objectively active seismotectonic structures. *Bolletino di Geofisica teorica ed applicata*, 29(114), 147-164.
- Uçar, F., Aktürk, Ö., & Azak, T. E. (2016). Estimation of The Seismic Hazard Parameters of The City of Antalya, Southwest Turkey. In *International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2016)*, vol. 3, (pp. 483-490).
- Utsu, T. (1966). A statistical significance test of the difference in b-value between two earthquake groups. *Journal of Physics of the Earth*, 14(2), 37-40.
- Yilmazer, İ., Yilmazer, Ö., & Leventeli, Y. (2022). Depremler Kayada Yıkılmaz ve Ovalar Stratejik Ürün Kaynağıdır. *Geosound*, 55(1), 165-189.
- Weichert, D. (1980). Estimation of the earthquake recurrence parameters for unequal observation periods for different magnitudes. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 70(4), 1337-1346.
- Wiemer, S., Giardini, D., Fäh, D., Deichmann, N., & Sellami, S. (2008). Probabilistic seismic hazard assessment of Switzerland: best estimates and uncertainties. *Journal of Seismology*, 13(4), 449-478. <https://doi.org/10.1007/s10950-008-9138-7>
- Woessner, J., & Wiemer, S. (2005). Assessing the Quality of Earthquake Catalogues: Estimating the Magnitude of Completeness and Its Uncertainty. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 95(2), 684-698. <https://doi.org/10.1785/0120040007>





# Kahramanmaraş Sutcu Imam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 19.08.2022  
Kabul Tarihi : 25.10.2022

Received Date : 19.08.2022  
Accepted Date : 25.10.2022

### INVESTIGATION OF THE USAGE OF hBN IN THE WORKABILITY OF LINEAR LOWDENSITY POLYETHYLENE

### HBN'NİN LİNEER DÜŞÜK YOĞUNLUKLU POLİETİLENİN İŞLENEBİLİRLİĞİNDE KULLANIMININ İNCELENMESİ

Gözde Özlem KINOĞLU<sup>1,4</sup> (0000-0001-9656-2638),  
Gökhan CEYHAN<sup>1,3,4\*</sup> (0000-0002-9127-2348),  
Eylem EROL<sup>2</sup> (0000-0001-9868-6829),  
Ali Samil<sup>5</sup> (0000-0002-4950-1725)

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Department Of Materials Science And Engineering, Kahramanmaraş, Turkey

<sup>2</sup>Gaziantep University, Naci Topçuoğlu MYO, Handicraft Department, Gaziantep, Turkey

<sup>3</sup>Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Technical Sciences MYO, Food Processing Division, Kahramanmaraş, Turkey

<sup>4</sup>Kahramanmaraş Sutcu Imam University USKIM, Kahramanmaraş, Turkey

<sup>5</sup>Kahramanmaraş Sutcu Imam University Art and Science Faculty Chemistry Department, Kahramanmaraş, Turkey

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Gökhan CEYHAN, gceyhan@ksu.edu.tr

#### ABSTRACT

Improving the properties of plastics has always been a curious research topic in the scientific and industrial field, aiming to replace engineering plastics with cost-effective plastics for engineering applications. Looking at the past, there are studies to improve the mechanical properties of the plastics used and to add various properties. The usage areas of BN, which has an important potential today, such as high thermal conductivity, electrical insulation, chemical stability and easy workability, have found a place in many industrial applications as a result of recent researches. In addition to these, it is known that it is used as a process aid in the polymer industry. The main task of the process aids is to reduce the shear stress of the melt by covering the die mouth during extrusion due to low surface tensions. In this way, it reduces the pressure in the mold mouth and eliminates surface defects called melt fractures. In addition to this feature, the use of hexagonal boron nitride (hBN) as an additive in the preparation of masterbatches and the production of a new material and its effect on the processability of linear low density polyethylene were investigated. Accordingly, in this study, a masterbatch form was prepared with hBN-LLDPE, and then analytical and spectroscopic characterization of this material was carried out. As a result of the analyzes made, it was seen that hBN is a good processing aid and the masterbatch formed with 5% additive exhibited the best mechanical properties

**Keywords:** h-BN, polyethylene, masterbatch

#### ÖZET

Plastiklerin özelliklerinin iyileştirilmesi, mühendislik uygulamaları için mühendislik plastiklerini uygun maliyetli plastiklerle değiştirmeyi amaçlayan bilimsel ve endüstriyel alanda her zaman merak edilen bir araştırma konusu olmuştur. Geçmiş dönemlere bakıldığında, kullanılan plastiklerin mekanik özelliklerini geliştirmek ve çeşitli özellikleri eklemek için çalışmalar bulunmaktadır. Günümüzde önemli bir potansiyele sahip olan refrakter özelliği yüksek ısı iletkenliği, elektriksel yalıtıcılık, kimyasal kararlılık ve kolay işlenebilirlik gibi üstün özellikleri olan BN'nin kullanım alanları, son zamanlarda yapılan araştırmalar sonucunda pek çok sanayi uygulamasında kendine yer bulmuştur. Bunların yanı sıra polimer sektöründe de proses yardımcısı olarak kullanıldığı bilinmektedir. Proses yardımcılarının esas görevi düşük yüzey gerilimlerinden dolayı ekstrüzyon sırasında kalıp ağzını kaplayarak eriyiğin kayma gerilimini azaltmaktır. Bu sayede kalıp ağzında meydana gelen basıncı azaltarak, eriyik kırığı olarak adlandırılan yüzey kusurlarını ortadan kaldırmaktadır. Bu özelliğinin yanı sıra hegzagonal bor nitrid (hBN), master

ToCite: Kınoğlu, G., Ceyhan, G., Erol, E., Ş Şamil, A., (2022). INVESTIGATION OF THE USAGE OF H-BN IN THE WORKABILITY OF LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences*, 25 (Özel Sayı), 73-79.

bacthlerinin hazırlanmasında katkı maddesi olarak kullanımı ile yeni bir malzeme üretimi ile polietilenin işlenebilirliğine olan etkisi araştırılmıştır. Bunlara bağlı olarak bu çalışmada önce hBN' doğrusal düşük yoğunluklu polietilen ile masterbatch formu hazırlandı daha sonra bu malzemenin analitik ve spektroskopik karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucu hBN'nin iyi bir işlem yardımcısı olduğu %5'lik katkıyla oluşturulan masterbatchin en iyi mekanik özellikler sergilediği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** h-BN, polietilen, masterbatch

## INTRODUCTION

Products made of polymer and polymer-derived materials have become an indispensable part of our lives. It is possible to come across the use of plastic materials in almost every device, equipment and goods we use today. Kitchenware, electronics, stationery, cars, computers, mobile phones etc. It is also used extensively in the healthcare industry. It is enriched with various additives to give these polymers many different and superior properties, such as UV resistance, strength, flexibility, clarity, gloss, and thermal resistance, according to their areas of use. In addition, such additives are also used to eliminate flow instabilities that may occur during the extrusion stage.

Flow instabilities occur in many commercial polymer processing operations, including profile extrusion, film casting, film blowing, and blow molding (Petrie et al., 1976; Ramamurthy, 1986). In this study, it is aimed to investigate hBN, which has many superior properties, in terms of removing surface defects and increasing production efficiency, as well as serving as a lubricant in the processing of polyolefins, which are known for their superior properties. It has been shown that certain boron nitride based compositions can act as effective processing aids in the extrusion of a range of fluoropolymers and polyolefins (Rosenbaum et al., 1995). Boron nitride can be used successfully as machining aids not only to eliminate sharkskin melt fracture but also to greatly delay it to significantly higher shear rates in the gross melt fracture region. Conventional fluoroelastomers are known to eliminate only surface melt fractures.

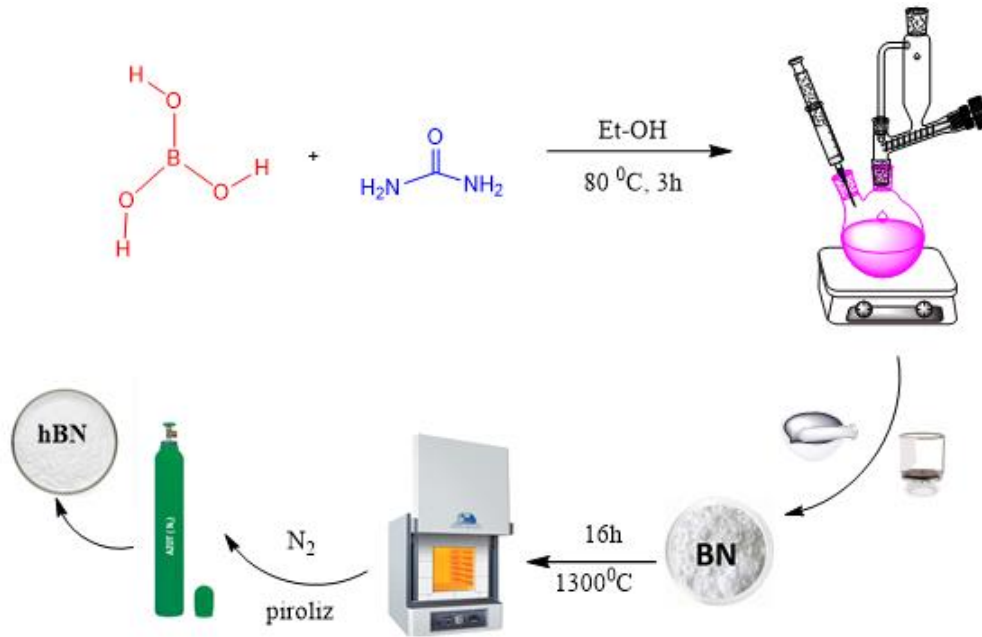
The linear macromolecular structures of the polymers are very large and it is known that they consist of rigid segments that provide the flexibility of the molecular chains gained by the rotation ability, which is the main feature of the polymer structure. Another property of polymers is that strong chemical forces bind to a polymer chain, while intermolecular forces bind chains that are significantly weaker. The possibility of modifying the structural properties of polymers over a wide range provides various tribological applications of polymers and polymer composites. The application of different fillers gives an opportunity to improve the tribological behavior of polymers (Hubáček et al., 1997).

Extrusion is the most important and largest technology in the polymer processing industry. LLDPE, which is a type of polymer used in this industry, has better appearance properties, lower production-recycling costs, as well as high chemical resistance and good mechanical properties in many areas such as food packaging, stretch film, lids, buckets, cable coatings and cosmetics preferred because it is widely used. These processes are applied for most polymeric materials and mostly extrusion is used for these processes. Extruders have several important functions, such as transporting polymers (from a hopper to a die), polymer melting, pressure building, mixing materials for thermomechanical and chemical homogenization, and finally product forming. Melting should be rapid to provide enough room for good material mixing. Melting and mixing is fundamental in polymer processing and is crucial for material recycling of new, advanced materials, polymer composites or polymer blends, as well as plastics (Kazaktchkov et al., 2002).

## MATERIAL AND METHOD

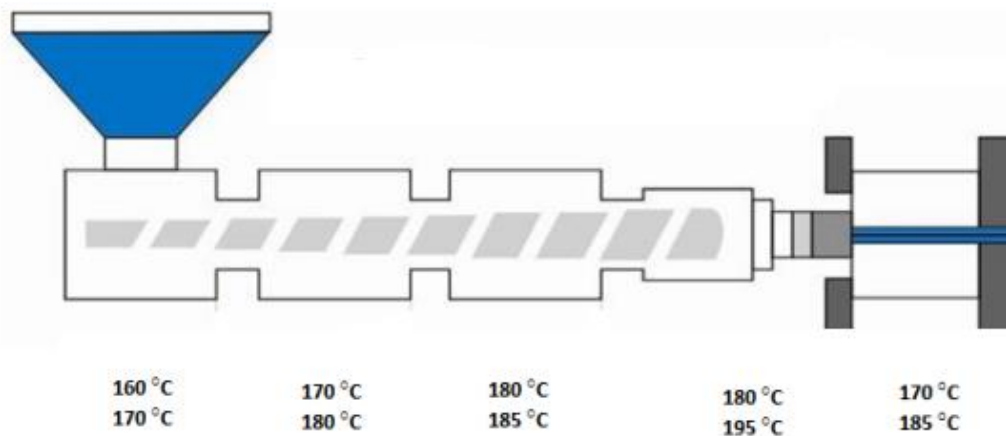
In this study; boric acid and urea were refluxed at 1:2 effluent concentration, in ethyl alcohol medium, using a closed system for 3 hours. Then, the powder obtained by filtration was dried in an oven at 80 °C. For the calcination process, four different temperatures (800, 900, 1000, 1100 °C) were pyrolyzed in nitrogen atmosphere for 16 hours and calcined in air atmosphere at 600 °C for 2 hours. Since the obtained hBN derivative is a synthesis product, some compounds that do not react and exist as by-products form impurities. The removal of these impurities is also a very important parameter in determining the effectiveness of hBN as an additive agent. For this purpose, thermal purification method was used to obtain hBN derivatives with high impurity. Since hBN derivatives will reach the highest impurity value at the pre-oxidation temperature, they were heated up to this temperature in an air atmosphere. The oxidation temperature of the synthesized hBN derivatives was determined by TGA analysis, and each hBN

derivative was purified in an air atmosphere at a heating rate of °10C/min in a laboratory-type camera heater, up to the oxidation degree obtained as a result of TGA analysis, and it was recorded. The findings are discussed in the conclusion and evaluation part.



**Figure.1.** HBN Synthesis and Purification Steps

Bringing additives in powder form to masterbatch form enables a more accurate evaluation of their effects. In the preparation of masterbatches, an automatic dosing, twin screw co-rotate laboratory type extruder was used (L/D: 48, screw diameter: 58 mm). Extruder operating temperatures for LLDPE are between  $170\text{--}190\text{ }^\circ\text{C}$ .



**Figure 2.** Extruder Operating Temperatures

Masterbatch forms with 95% LLDPE carrier were prepared at 5% concentration of hBN derivative. The most important point to be considered while preparing the masterbatch is that the additive is dispersed in the polymer matrix without agglomerate. In order to ensure the dispersion of hBN in the polymer matrix, a dispersion agent was produced using 1%, 5% hBN and 94% LLDPE carrier masterbatch. In order to ensure the compatibility of hBN and polymer matrix, the maleic anhydride-based complex that we synthesized before, 1% hBN as compatibilizer, and

94% LLDPE carrier masterbatch was produced. LLDPE masterbatch containing 5% commercial nucleating agent was used for comparison. The MFI value of the carrier polymer used is 190 °C, 2.16 kg/10 min for LLDPE. In this study, masterbatches of purified hexagonal boron nitride with LLDPE in two different compatibilizers were prepared. Bringing additives in powder form to masterbatch form enables a more accurate evaluation of their effects. In the preparation of masterbatches, an automatic dosing, twin screw co-rotate laboratory type extruder was used (L/D: 48, screw diameter: 58 mm). Extruder operating temperatures for LLDPE are between 170-190 °C.

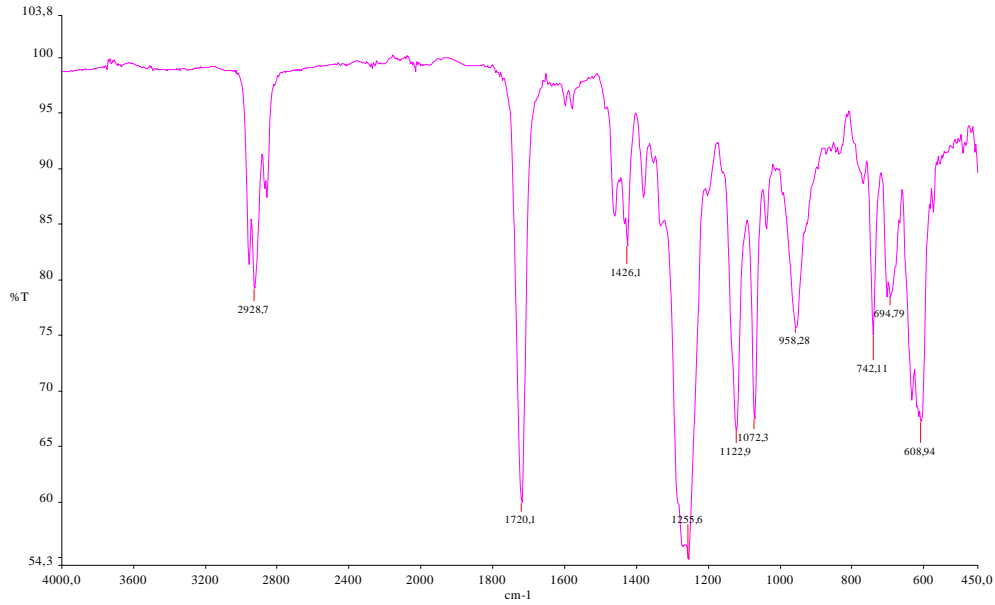
**Table 1.** Synthesized Materials and Codes

Product Codes	Base Polymer	Product Content				Compatibilizer	%
		%	Additive Material	%	%		
A1	PE	%99	h-BN	%1	Commercial	%1	
A2	PE	%95	h-BN	%5	Ca-Ma	%1	

Within the scope of the study, firstly, chemically pre-purified hexagonal boron nitride and the compatibilizing agents BYK and Ca-Ma masterbatch were dosed gravimetrically as an additive to the LLDPE plastic polymer in the laboratories of KSU, ÜSKİM and Faculty of Forestry in order to carry out preliminary studies. At this stage, the extruder speed was set as 40 rpm, the temperature of the 1st zone was set as 175 °C, the 2nd zone 180 °C, the 3rd zone 180 °C, the 4th zone 185 °C and the 5th zone 190 °C, and the prepared mixture was fed into the extruder. After the new materials produced are cooled in the cold water pool at the exit of the extruder, they are taken to the crusher and the material production is completed. In the next step, the added polymers produced and broken were dried in an oven at 105 °C for 24 hours, and the production phase was completed. The masterbatches obtained were tested on the blow film extrusion line of KOREN Chemistry and blow film production was carried out.

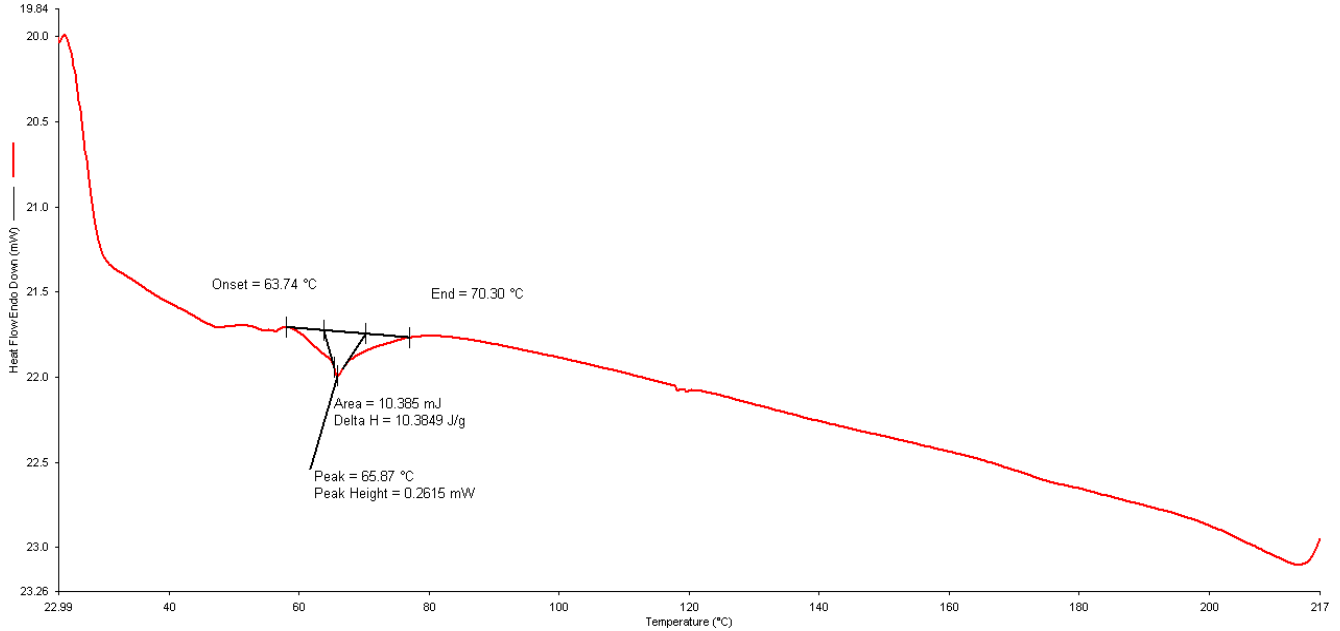
## RESULT AND DISCUSSION

The resulting hBN, masterbatch and the final product blow film were characterized by various techniques. First of all, Perkin Elmer brand Fourier transform infrared spectrophotometer was used to determine the chemical bond vibrations of the synthesized hBN (Figure 3). The presence of oxygen-bearing functional groups in pure h-BN is evident from the FTIR spectra of hBN. Apart from the characteristic peak of B-N, peaks corresponding to B-N-O are observed at 1173 cm<sup>-1</sup> and 947 cm<sup>-1</sup>. The peak at 1112 cm<sup>-1</sup> corresponds to B-O-H in plane bending. The FTIR spectrum of hBN shows very intense B-N peaks prominent at 1386 cm<sup>-1</sup>, which can overlap with other vibrations. The presence of the functional group at 2950 cm<sup>-1</sup>, which corresponds to the hBN -CH stretch, is attributed to the hemiacetal junction in hBN. In the -OH stretching frequency in the structure of hBN, the red shift also indicates covalent bonding due to hemiacetal formation (Gulmine et al., 2002; Wu Jingli et al., 2014).



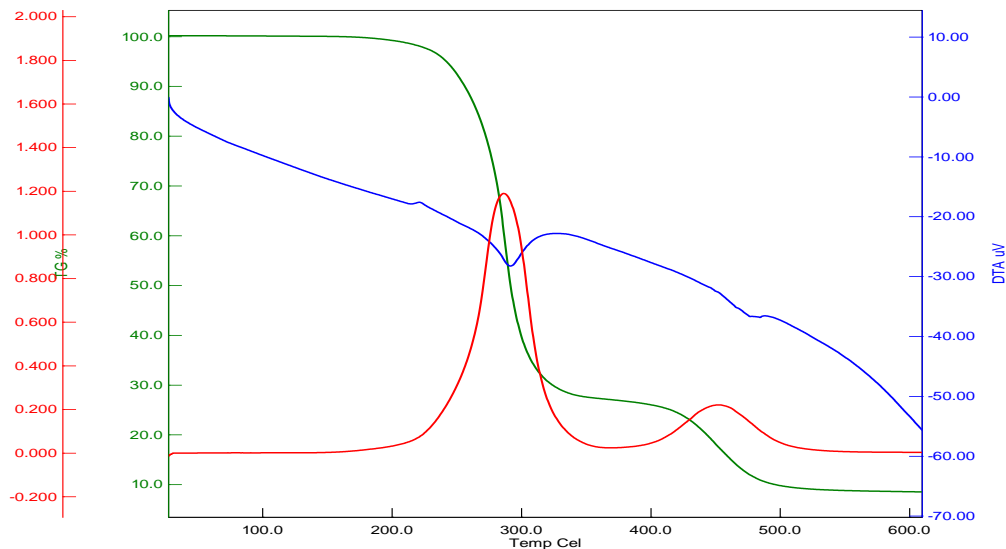
**Figure 3.** LLDPE/ Hbn of F-TIR Spectrum

A number of analyzes were carried out on the blow films obtained. First of all, thermogravimetric analyzes were carried out to obtain information about the physical transitions of the blow film. In this context, differential scanning calorimetry (DSC), heat treatment was applied from room temperature to 220 °C in 10° increments per minute, and the answers given were recorded. As seen in Figure 4, a glassy transition point of 0.2615 mW was observed between 63.7-70.3 °C. The melting point was then found at 217 °C. The reason why LLDPE differs from its characteristic melting point is that it contains hBN and compatibilizing agents (Majewsky et al., 2016; Reyes Labarta et al., 2006).



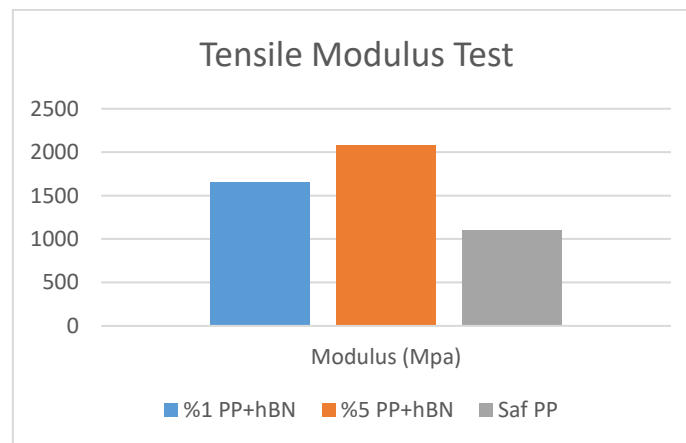
**Figure 4.** LLDPE/HBN Of DSC Thermogram

Thanks to thermogravimetric analysis, which is another characterization, the answers given by applying heat treatment to the blow film in increments of 5° per minute up to 600 °C were recorded. Looking at the thermogram obtained in Figure 5, it is seen that there are two different mass loss regions. First, there is a mass loss of 78% in the range of 240-320 °C. This loss refers to the breaking of the C-C bonds in the polyethylene chain. The second mass loss region shows that the ring structure of hBN opens at 14 percent between 412-547 °C.



**Figure 5.** LLDPE /H-BN DSC Chart

The mechanical properties of LLDPE/hBN blow film were evaluated at an injection rate of 3 inches/s using tensile and impact test materials. Tensile tests were recorded on the Instron 5567 device with an expansion value of 3 inches per minute and a loading of 10 kN. It was studied in three repetitions. Impact tests of blow film were performed with ASTM D256 method. The samples were notched with a thickness of 0.9 mm at a 45° angle. A weight of about 2.2kg was used for raw PE and 1kg for blow film. Impact energy was recorded as ft-lbs/in. In Figure 6, the modulus of PE increased by 1% with the addition of 1% hBN. The increase in this value can be attributed to the strengthening of the material, providing a reinforcing effect for the LLDPE chain of hBN. It also has a higher tensile modulus compared to hBN/LLDPE (Gibert et al., 2000; Wong & Lam, 2002).



**Figure 6.** Tensile Modulus Test

In the characterization studies, it is seen that hexagonal boron nitride was synthesized successfully and with high purity. In the strength tests performed on the blow film, which is the final material obtained, it is seen that the hBN added LLDPE is 48% better. In this way, the product both gained strength and reduced the extruder head pressure during production, improving the performance and tensile values of the device. Moreover, it increased the gross melt fracture (GMF) values, which is the surface defect that occurs at high shrinkage ratios, to higher values. There is a serious potential in its use as an alternative material, especially in industrial areas (Arunvisut et al., 2007). The next study will continue with different compatibilizers and different polymers.

## CONCLUSION

Fluorine-based processing aids used in the processing of polyolefins have some fundamental problems. These can create fluorinated gases that are particularly harmful to the ozone layer and the environment. The production of these materials is costly and the unit prices are quite high. During extrusion, fluorine-based additives adhere to the die

mouth outlet and especially to the screw surface. This adhesion creates serious costs for adhesion under temperature and cleaning in product changes. Another disadvantage is that they have a highly hydrophobic structure, causing static electricity to be charged during product processing and in the final product. Gases from fluorine-based additives that decompose during extrusion are toxic and pose a potential cancer hazard. On the other hand, it also reduces its effectiveness in the use of different filled polymers. These products are generally imported. h-BN, which has a unique crystal structure that we use in the processing of polyolefins, is an environmentally friendly material. The fleece structure showed an antistatic effect in the final product. During the extrusion, there was no clinging or sticking on the screw inside the mold mouth and the sleeve. In this way, the cost of cleaning is eliminated. It does not release harmful gases due to its high thermal stability at extrusion temperature. High purity h-BN synthesis was performed and characterizations were carried out, and it was demonstrated as a result of the tests that it provided 33-35% increase in efficiency in the processing of polyolefins, reduced energy consumption by reducing the current values by 5-7% during extrusion, and eliminated surface defects. We expect that the use of 1% and 5% masterbatches will reduce static, especially in blown film and injection molding products, and the appearance of the products will be smoother and brighter.

## REFERENCES

- Arunvisut, S., Phummanee, S., & Somwangthanaroj, A. (2007). Effect of clay on mechanical and gas barrier properties of blown film LDPE/clay nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, 106(4), 2210-2217.
- Gulmine, J. V., Janissek, P. R., Heise, H. M., & Akcelrud, L. (2002). Polyethylene characterization by FTIR. *Polymer testing*, 21(5), 557-563.
- Gibert, J. P., Cuesta, J. M. L., Bergeret, A., & Crespy, A. (2000). Study of the degradation of fire-retarded PP/PE copolymers using DTA/TGA coupled with FTIR. *Polymer degradation and stability*, 67(3), 437-447.
- Hubáček, M., Sato, T., & Ueki, M. (1997). Copper-boron nitride interaction in hot-pressed ceramics. *Journal of materials research*, 12(1), 113-118.
- Kazatchkov, I. B., Yip, F., & Hatzikiriakos, S. G. (2000). The effect of boron nitride on the rheology and processing of polyolefins. *Rheologica acta*, 39(6), 583-594.
- Majewsky, M., Bitter, H., Eiche, E., & Horn, H. (2016). Determination of microplastic polyethylene (PE) and polypropylene (PP) in environmental samples using thermal analysis (TGA-DSC). *Science of the Total Environment*, 568, 507-511.
- Petrie, C. J., & Denn, M. M. (1976). Instabilities in polymer processing. *AIChE Journal*, 22(2), 209-236.
- Ramamurthy, A. V. (1986). Wall slip in viscous fluids and influence of materials of construction. *Journal of Rheology*, 30(2), 337-357.
- Reyes-Labarta, J. A., Olaya, M. M., & Marcilla, A. (2006). DSC and TGA study of the transitions involved in the thermal treatment of binary mixtures of PE and EVA copolymer with a crosslinking agent. *Polymer*, 47(24), 8194-8202.
- Rosenbaum, E., S.G. HaEikiriakos, and C.W. Stewart, Flow implications in the processing of Teflon® resins, *Intern. Polym. Prcc. X*, 20(1995), 212.
- Wong, A. Y., & Lam, F. (2002). Study of selected thermal characteristics of polypropylene/polyethylene binary blends using DSC and TGA. *Polymer testing*, 21(6), 691-696.
- Wu, J., Chen, T., Luo, X., Han, D., Wang, Z., & Wu, J. (2014). TG/FTIR analysis on co-pyrolysis behavior of PE, PVC and PS. *Waste management*, 34(3), 676-682.



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 19.08.2022  
Kabul Tarihi : 22.11.2022

Received Date : 19.08.2022  
Accepted Date : 22.11.2022

### ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ KULLANILARAK YAPISAL BİR UYGULAMA İÇİN KOMPOZİT MALZEME ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

#### PRIORITIZATION OF COMPOSITE FOR A STRUCTURAL IMPLEMENTATION USING MULTI-CRITERIA DECISION MAKING TECHNIQUES

Mehmet DURMAZ<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-6187-8103)

Özdeş ÇERMİK<sup>1\*</sup> (ORCID: 0000-0001-9308-4589)

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Özdeş ÇERMİK, ozdescermik@ksu.edu.tr

#### ÖZET

Malzeme seçimi yapısal/mekanik tasarım süreçlerinde çok önemli adımlardan biridir. Malzeme seçimi yapılırken analitik ve matematiksel ilkelere dayanan karar verme süreçlerinin daha iyi sonuç vermektedir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) metodları malzeme seçiminde etkin ve sıklıkla kullanılan tekniklerdir. Bu çalışmada, değişik oran ve tipte kumaş, yüksek fırın cürufu ve epoksi içeren 8 adet kompozit malzeme arasından yapısal bir uygulama için en uygun malzeme seçiminde farklı ÇKKV tekniklerinden yararlanılmıştır. Birden fazla ÇKKV yöntemi kullanılarak yapılan önceliklendirmeler seçimin güvenilirliğini artırmaktadır. Bu nedenle AHP ve TOPSIS teknikleriyle yapılan malzeme seçimine ek olarak ELECTRE I ve VIKOR yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kompozit malzemelerin yoğunluk, aşınma hızı, mikro sertlik, çekme mukavemeti, eğilme mukavemeti, kayma mukavemeti ve darbe dayanımı gibi 8 farklı fiziksel-mekanik ve aşınma özelliklerini belirleyen kriterler kullanılarak sıralama ve seçim işlemleri uygulanmıştır. Alternatifler kendi aralarında en iyiden en kötüye doğru, her bir metod için ayrı ayrı sıralanmıştır. ELECTRE I, VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sonuçlar birbirleriyle kıyaslanmıştır. Yapılan malzeme seçimi sıralamasında viskon kumaş içerikli %10-15 yüksek fırın cürufu ile %60-55 epoksi içeren kompozit malzemelerin en iyi tercihler olduğu sonucu elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** AHP, çok kriterli karar verme, ELECTRE I, VIKOR

#### ABSTRACT

Material selection is one of the most important steps in structural/mechanical transport processes. Decision-making processes based on analytical and mathematical principles give better results when choosing materials. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods are effective and frequently used techniques in material selection. In this study, different MCDM techniques have been used to select the most suitable material for a structural application among 8 composite materials containing different ratios and types of fabric, blast furnace slag and epoxy. Prioritization using more than one MCDM method increases the reliability of the selection. Therefore, in addition to material selection made with AHP and TOPSIS techniques, the results obtained using ELECTRE I and VIKOR methods have been compared. Sorting and selection processes have been applied using 8 different physical-mechanical and wear properties of composite materials such as density, wear rate, microhardness, tensile strength, bending strength, shear strength and impact strength. Alternatives are listed separately for each method, from best to worst. The results obtained from ELECTRE I, VIKOR and TOPSIS methods have been compared. In the material selection ranking, it has been concluded that the composite materials containing 30% viscose fabric, 10-15% blast furnace slag and 60-55% epoxy are the best choices.

ToCite: DURMAZ, M., & ÇERMİK, Ö., (2022). ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ KULLANILARAK YAPISAL BİR UYGULAMA İÇİN KOMPOZİT MALZEME ÖNCELİKLENDİRİLMESİ. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Özel Sayı), 80-97.



**Keywords:** AHP, multi-criteria decision making, ELECTRE I, VIKOR

## GİRİŞ

İnsanoğlunun hayatında geçmişten bugününe kadar önemli bir yere sahip olan karar verme, aslında bir çeşit seçim sürecidir. Bu süreç hayatımızın birçok alanında karşımıza çıkar. Bu alanlara örnek olarak otomobil ya da makine satın almak, tesis yeri seçimi yapmak, yapılacak uygulamalara en uygun malzemeyi belirlemek gibi birçok örnek verilebilir. Ürün geliştirme, pazarlama ve yapısal/mekanik tasarım sürecinde malzeme seçimi büyük bir öneme sahiptir. Karar verme süreçleri geçmiş tecrübelerle dayanarak subjektif olarak yönetilebilir. Ancak analitik ve matematiksel yöntemlere dayanan karar verme süreçleri daha başarılı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

Son zamanlarda, malzeme seçimi kararlarında karmaşıklıkla başa çıkmak için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) sürecine dayalı çeşitli yöntemler başarıyla kullanılmaktadır. ÇKKV tekniği Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile hayatımıza girmiştir. Bu yöntem Myers ve Alpert aracılığıyla 1968 yılında ortaya çıkmıştır. Saaty yeni bir model geliştirerek AHP metodunu ÇKKV problemlerinde kullanmıştır (Yaralıoğlu, 2001). AHP, en uygun alternatifin belirlenmesine yönelik sayısal ve sayısal olmayan kriterleri değerlendirerek, kompleks karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan bir ÇKKV yöntemidir. Günümüzde ÇKKV teknikleri kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. Literatürde yapılan AHP, ELECTRE ve VIKOR yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalardan bazıları verilecektir. Shanian vd. (2006) ELECTRE yöntemini kullanarak ısıtma işlemi görmeyen silindirik örtünün seri üretimi için optimum malzeme seçimi için üretim maliyeti de dahil olmak üzere çok sayıda karar kriterini göz önünde bulundurarak seçim yapmışlardır. Chatterjee vd. (2009) VIKOR ve ELECTRE yöntemlerini kullanarak iki ayrı örnek üzerinde sıralama yapmışlardır. İlk örnekte bir volan tasarımı için en uygun malzemenin seçimini, ikinci örnekte ise bir yelkenli direği tasarımı için en uygun malzeme belirlenmiştir. Çıkan sonuçlar daha önceki çalışmalarla kıyaslanarak VIKOR ve ELECTRE yöntemleri sınanmıştır. Chatterjee vd. (2010) VIKOR ve ELECTRE yöntemlerinde kullanarak endüstriyel robot kol seçimi yapmışlardır. Bu çalışmada 7 adet alternatifi yükleme kapasitesi, yinelenebilirlik, maksimum uç hızı, hafıza kapasitesi ve manipülatör erişim kriterleri kullanılarak seçim yapılmıştır. Hambalı vd. (2010) AHP yöntemini kullanarak kompozit otomobil tampon kirişi için en uygun malzemeyi seçmişlerdir. Bu seçim işlemi sırasında 6 farklı tip kompozit malzeme ve 8 ana kriter ile 12 alt kriterden faydalanmışlardır. Jahan vd. (2011) VIKOR yöntemini kullanarak çeşitli alternatifler arasından kalça protezi için en iyi malzemeyi seçmiştir. Seçim işleminde doku toleransı, korozyon direnci, gerilme mukavemeti, yorulma mukavemeti, tokluk, aşınma direnci, elastik modül, özgül ağırlık ve maliyet kriterlerini kullanmıştır. Ayrıca elektrikli araçlarda kullanılan polimer yakıt hücresinde kullanılan plakaların malzeme seçimini analiz etmişlerdir. Chauhan ve Vaish (2012) VIKOR ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak manyetik malzeme seçimi yapmışlardır. Çalışmada Entropi yöntemi kullanılarak ağırlıklar hesaplanmıştır ayrıca yumuşak ve sert manyetik malzemeler için ayrı ayrı alternatifler seçilmiştir. Girubha ve Vinodh (2012) VIKOR yöntemini kullanarak elektrikli otomobillerde kullanılan gösterge paneli için malzeme seçimi yapmışlardır. Seçim işleminde 4 farklı malzeme kullanılmış olup ayrıca çevresel etkilerde dikkate alınmıştır. Venkataramaiah vd. (2012) polietilen ve polifenilen gibi farklı alternatif malzemelerin performansını değerlendirmek için güneş enerjisi levha kolektörü için en uygun malzemeyi AHP yöntemi ile seçmişlerdir. Seçim aşamasında termal genleşme katsayısı, yoğunluk, termal iletkenlik, maliyet, çekme mukavemeti, çentik darbe dayanımı ve güvenlik seviyesi sıcaklığı kriterlerinden faydalanılmıştır. Rai vd. (2013) VIKOR yöntemini kullanarak volan için en iyi alternatif malzemeyi seçmek için yorulma sınırı, kırılma tokluğu parçalanabilirlik ve fiyat gibi karar kriterleri dikkate alınmıştır. Kiong vd. (2013) düşük karbonlu çelik ve dökme demir gibi alternatif malzemeler arasından vida üretimi için en uygun malzemeyi belirlemek için AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarında dikkate alınan çevresel kriterler; karbon ayak izi, su ötrofikasyonu, hava asitlenmesi ve tüketilen toplam enerji olarak seçilmiştir. Anojkumar vd (2014) VIKOR, ELECTRE gibi farklı ÇKKV yöntemlerini kullanarak şeker endüstrisinde kullanılmak için uygun boru malzemesi seçimi yapmışlardır. Seçim işleminde 5 farklı paslanmaz çelik kalitesi ve akma mukavemeti, uzama yüzdesi, çekme mukavemeti, sertlik, maliyet korozyon hızı ve aşınma oranı gibi 7 değerlendirme kriteri bu çalışmada kullanılmıştır. Ertuğrul ve Özçil (2014) TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile yaklaşık olarak eşdeğer ısıtma ve soğutma kapasitesine sahip 8 adet A enerjisi sınıfı klimayı 7 farklı kritere göre sıralayıp tercih yapmışlardır. Sen vd. (2016) TOPSIS, VIKOR ile birlikte farklı ÇKKV yöntemlerini kullanarak biyel kolu için malzeme seçimi ve sıralaması yapmışlardır. Sıralama yöntemlerinde 6 alternatif ve kriter dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlar kıyaslanmış ve sıralamadaki farklar incelenmiştir. Soni vd. (2018) TOPSIS, ELECTRE yöntemlerini kullanarak otomobil uygulaması için uyum magnezyum alaşımını seçmişlerdir. Bu seçim işlemi sırasında 8 farklı magnezyum alaşımı ve 10 kritere göre farklı yöntemlerle sıralama ve seçim yapılmıştır. Moradian vd. (2019) AHP, MOORA, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanarak otomobillerde kullanılan fren servo valf gövdesi için malzeme seçimi yapmışlardır. Seçim işlemi için 16 adet alternatif belirlenmiştir. Alternatifler arasından tercih yapmak için gerilme direnci,

malzemenin sıcaklık sapsması, yoğunluk ve maliyet kriterleri dikkate alınmıştır. Patnaik vd. (2019) AHP-TOSIS yöntemini kullanarak yapısal uygulamalar için kompozit malzeme seçimi yapmışlardır. Polyester ve viskon kumaş kullanarak yaptıkları 8 kompozit malzemeyi, yoğunluk, mikro sertlik, çekme mukavemeti, eğilme mukavemeti, katmanlar arası kayma mukavemeti, darbe dayanımı ve aşınma hızı kriterlerini dikkate alarak sıralama ve seçim yapmışlardır. Dev vd. (2020) Entropi-VIKOR yöntemini kullanarak otomotiv piston bileşeni için malzeme seçimi yapmışlardır. Çalışmada farklı porselen ağırlık yüzdelere sahip 4 malzeme incelenmiştir. Malzemeler arasında seçim yapmak için yoğunluk, sertlik, basınç mukavemeti, çekme mukavemeti, eğilme mukavemeti, sürtünme katsayısı ve aşınma oranları gibi kriterler dikkate alınmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde AHP, ELECTRE I ve VIKOR yöntemlerinin, ÇKKV problemlerini çözmek için etkili birer yöntem olduğu görülmüş ve çeşitli uygulamalarda başarıyla kullanılmışlardır.

Kumaş takviyeli kompozit malzemeler madencilik, ulaşım, otomobiller, inşaat, tarım ve spor gibi farklı birçok mühendislik çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Elde edilen kompozit malzemeler bir mühendislik uygulamasında kullanılacağı zaman çok fazla alternatifle karşılaşıldığından ÇKKV teknikleri kullanılarak karar verme aşamasında analitik kararlar ile doğru seçimler yapılmalıdır. Bu çalışmada ki hedef mühendislikte tasarım ve üretimde önemli bir kriter olan malzeme seçimini en etkin ve verimli bir şekilde yapmak için ÇKKV metotlarından yararlanmaktır. Önceliklendirme yapılırken kullanılan yöntemlerin fazlaştırılması karar verme süreçlerini olumlu yönde etkileyip sıralamanın güvenilirliğini artıracaktır. Mevcut çalışmanın amacı, çeşitli deneysel koşullar altında incelenmiş (Patnaik vd., 2019) kumaş takviyeli epoksi kompozitlerde seçim ve sıralama işleminin AHP-TOPSIS yöntemine ek olarak iki farklı ÇKKV yöntemi olan ELECTRE I ve VIKOR yöntemleriyle yapılmasıdır. Önceliklendirme yapılırken kompozitlerin yoğunluk, aşınma hızı, mikro sertlik, çekme mukavemeti, eğilme mukavemeti, darbe dayanımı, kayma mukavemeti gibi fiziksel ve mekanik özelliklerinden yararlanılmıştır. ELECTRE I yöntemi karar verme sürecine birçok nicel ve nitel kriteri dahil ederek alternatiflerin performansına göre kıyaslama yapar. VIKOR yöntemi karar verme sürecine uzlaşmacı şekilde yaklaşarak ideal alternatife yakınlık değerlerini kıyaslayarak sıralama yapar. Bu iki farklı yöntemle göre yapılan önceliklendirme ile iki yeni seçim sıralaması yapıp elde edilen sonuçlar literatürdeki sonuçlarla kıyaslanacaktır.

## MATERYAL ve METOT

Elle yatırma yöntemiyle hazırlanmış polyester ve viskon kumaşlar ile değişik oranlarda yüksek fırın cürufu (YFC) partikülü ve epoksi dolgulu 8 farklı kompozit malzeme Tablo 1 de yer almaktadır (Patnaik vd., 2019). Kompozit malzemeler PK1 (Polyester kompozit 1) ve VK1 (Viskon kompozit 1) olmak üzere aynı mantıkla tabloda isimlendirilmiştir.

**Tablo 1: Kompozit İçerikleri**

PK1	%30 (w/w) polyester kumaş (400 g/m <sup>2</sup> ) + %0 (w/w) YFC + %70 (w/w) epoksi
PK2	%30 (w/w) polyester kumaş (400 g/m <sup>2</sup> ) + %5 (w/w) YFC + %65 (w/w) epoksi
PK3	%30 (w/w) polyester kumaş (400 g/m <sup>2</sup> ) + %10 (w/w) YFC + %60 (w/w) epoksi
PK4	%30 (w/w) polyester kumaş (400 g/m <sup>2</sup> ) + %15 (w/w) YFC + %55 (w/w) epoksi
VK1	%30 (w/w) viskon kumaş (400 g/m <sup>2</sup> ) + %0 (w/w) YFC + %70 (w/w) epoksi
VK2	%30 (w/w) viskon kumaş (400 g/m <sup>2</sup> ) + %5 (w/w) YFC + %65 (w/w) epoksi
VK3	%30 (w/w) viskon kumaş (400 g/m <sup>2</sup> ) + %10 (w/w) YFC + %60 (w/w) epoksi
VK4	%30 (w/w) viskon kumaş (400 g/m <sup>2</sup> ) + %15 (w/w) YFC + %55 (w/w) epoksi

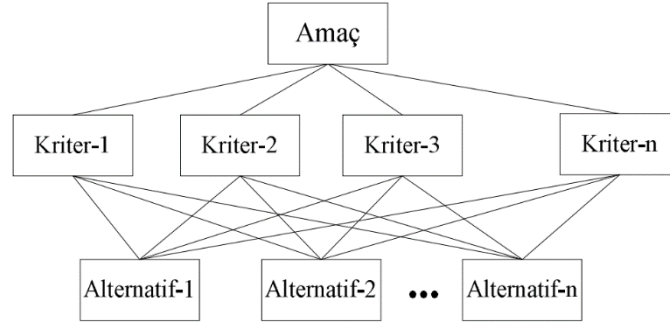
ÇKKV metotlarında sıralama yapabilmek için alternatiflere ve bu alternatifleri sıralayabilmek için kriterlere ihtiyaç vardır. Kriter sayısının fazla olması sıralama ve seçim aşamalarında kesin sonuca ulaşmayı kolaylaştırır. Malzemeleri özelliklerine göre sıralamak için ilk aşamada AHP yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları belirlenmelidir. İkinci aşamada 8 farklı kompozit malzemeleri sıralamak için ELECTRE I ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. AHP yönteminde elde edilen ağırlıklar ikinci aşamada sıralama işleminde kullanılmıştır.

### AHP Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

AHP metoduyla ağırlıkların belirlenmesi 8 temel adımdan oluşur. Bu adımlar aşağıda verilmiştir.

Adım 1 Hiyerarşik Yapının Oluşturulması: Amaç aşınmaya dayanıklı kullanımlar için kompozit malzemelerin sıralanmasıdır. Dikkate alınan kriterler fiziksel özellik (yoğunluk), mekanik özellikler (mikro sertlik, çekme mukavemeti, eğilme mukavemeti, katmanlar arası kayma mukavemeti ve darbe dayanımı) ve bulamaç aşınma özelliğidir (Ws(n) ve Ws(v) yani sırasıyla farklı normal yük Ws(n) ve kayma hızında Ws(v) özgül aşınma oranının

ortalama değeri). Dikkate alınan alternatifler PK1, PK2, PK3, PK4, VK1, VK2, VK3 ve VK4'tür. Şekil 1 de AHP yöntemi hiyerarşi şeması örneği gösterilmiştir.



Şekil 1: AHP Yöntemi Hiyerarşi Şeması

Adım 2 İkili Karşılaştırma Matrisi Oluşturma: Kriter ağırlıklarını belirlemek için ikili karşılaştırma matrisi (A) düzenlenir. İkili karşılaştırma kararları, Tablo 2'de gösterilen hedefe göre her bir kriter için önceden tanımlanmış derecelendirme değeri temelinde gerçekleştirilir. Matriste n kriter varsayarsak, i kriterinin j kriteri ile ikili karşılaştırması,  $a_{ij}$ 'nin i kriterinin j kriterine göre göreceli önemini ifade ettiği bir kare matris A oluşturulur. Matriste,  $i = j$  olduğunda  $a_{ij} = 1$  ve  $a_{ji} = 1/a_{ij}$ .

Tablo 2: İkili Karşılaştırma (SAATY) Ölçeği (Hambalı et al., 2010)

Sayısal Değer	Önem Derecesi
1	Eşit derecede önemli
3	Biraz önemli
5	Önemli
7	Çok önemli
9	Son derece önemli
2,4,6,8	Ara değerler

Adım 3 Standartlaştırılmış Matris Oluşturma: Aşağıdaki denklem kullanılarak standartlaştırılmış matris oluşturulur,

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

Adım 4 Kriter Ağırlıklarının Bulunması: Aşağıdaki denklem kullanılarak her bir kriter için satır toplamları ve kriter ağırlıkları bulunur,

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n c_{ij} \quad (2)$$

Adım 5 Öncelik Vektörünün Hesaplanması: Öncelik vektörü  $V_i = A.w_i$ , burada  $i = 1, 2, 3, \dots, m$  kullanılarak hesaplanır.

Adım 6 Asal Vektörün Hesaplanması:  $\lambda_i = \frac{V_i}{w_i}$  kullanılarak öz vektör hesaplanır daha sonra  $\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{n}$  ile asal vektör bulunur.

Adım 7 Tutarlılık İndeksinin Hesaplanması: Tutarlılık indeksi (TI) aşağıdaki denklem kullanılarak bulunur.

$$TI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Adım 8 Tutarlılık Oranının (TO) Hesaplanması: Aşağıdaki denklem kullanılarak elde edilir. Rastgele tutarsızlık indeksi (RI) değeri kriter sayısına (n) bağlıdır. Tablo 3'deki n değerine karşılık gelen seçilerek belirlenir. Tutarlılık oranının kabul edilebilir olması için %10'dan küçük olması gerekir; bazı durumlarda %20'ye kadar tolere edilebilir (Patnaik, Swain and Purohit, 2019).

$$TO = \frac{TI}{RI} \quad (4)$$

**Tablo 3:** Rastgele Tutarsızlık İndeksi (RI) (Hambalı et al., 2010)

Kriter Sayısı (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rastgele Tutarsızlık İndeksi (RI)	0,00	0,00	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,46	1,149

### Alternatiflerin Sıralanması

Alternatiflerin sıralanmasında ELECTRE I ve VIKOR olmak üzere iki yöntem kullanılacaktır bu yöntemler ve adımları aşağıda verilmiştir.

### ELECTRE-I Yöntemi

ELECTRE I yöntemi ile alternatiflerin önceliklendirilmesi 8 temel adımdan oluşur. Bu adımlar aşağıda verilmiştir.

Adım 1 Karar Matrisi (A) Oluşturulması: Alternatif ve kriterleri içeren bir A matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 2 Standart Karar Matrisi (X) Belirlenmesi: Bu aşamada, A matrisinin X matrisine dönüştürülmesi için aşağıdaki formüller kullanılır. Fayda kriterleri ve zarar kriterleri için sırasıyla aşağıdaki formüller kullanılır.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$x_{ij} = \frac{\frac{1}{a_{ij}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{a_{ij}}\right)^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 3 Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi (Y) Oluşturulması: AHP metodunda bulunan kriter ağırlıkları ile X matrisi çarpılarak Y matrisi elde edilmektedir.

$$y_{ij} = w_j \times x_{ij} \quad (7)$$

Burada  $w_j$ , j. kriterin ağırlığıdır ve  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$  formülü ile hesaplanır. Y matrisi aşağıda gösterilmektedir.

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 4 Uyum ( $C_{kl}$ ) ve Uyumsuzluk ( $D_{kl}$ ) Kümelerinin Oluşturulması: Uyum kümesine ( $C_{kl}$ ) karşılık bir uyumsuzluk kümesi ( $D_{kl}$ ) bulunur.  $A_k$  ve  $A_l$ , şeklinde ifade edilen uyum kümesi  $C_{kl}$ ;  $k \geq l$  ve  $l \geq 1$  ise  $A_k$  alternatifinin  $A_l$  alternatifine tercih edildiği kriterlerin kümesi uyum kümesidir.  $A_k$  alternatifi  $A_l$  alternatifinden daha kötü ise uyumsuzluk kümesi elde edilir. Uyumluluk ve uyumsuzluk kümeleri için sırasıyla aşağıdaki formüller kullanılır.

$$C_{kl} = \{ j \mid y_{kj} \geq y_{lj} \} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

$$D_{kl} = \{ j \mid y_{kj} < y_{lj} \} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

Adım 5 Uyum (C) ve Uyumsuzluk (D) Matrislerinin Belirlenmesi: C matrisi oluşturmak amacıyla uyumluluk kümeleri kullanılır. C elemanları için

$$C_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

denklem (10) kullanılır ve elde edilen matris aşağıdaki gibidir.

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & \dots & c_{2m} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ c_{m1} & a_{m2} & \dots & - \end{bmatrix}$$

D matrisinin elde edilmesi için denklem (11) den yararlanılır.

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|} \quad (11)$$

D matrisinin gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & \dots & d_{2m} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & - \end{bmatrix}$$

Adım 6 Uyum Üstünlük (F) ve Uyumsuzluk Üstünlük (G) Matrislerinin Belirlenmesi: F kare matrisinde yer alan elemanlar, uyum matrisi elemanlarıyla ( $c_{kl}$ ) uyum eşik değerinin ( $\underline{c}$ ) karşılaştırılmasıyla hesaplanır.

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m c_{kl} \quad , \quad k \neq l \quad (12)$$

Buradaki m sayısı alternatifleri göstermektedir. Burada  $\underline{c}$  ise,  $\frac{1}{m(m-1)}$  değeri ile uyum matrisinde yer alan elemanların toplamının çarpımına eşittir. F matrisindeki elemanlar ( $f_{kl}$ ), aşağıdaki ilişki yardımıyla belirlenir.

$$\begin{aligned} c_{kl} \geq \underline{c} \text{ ise; } f_{kl} &= 1, \\ c_{kl} < \underline{c} \text{ ise; } f_{kl} &= 0. \end{aligned} \quad (13)$$

G kare matrisi F matrisiyle aynı şekilde bulunur. Uyumsuzluk eşik değeri ( $\underline{d}$ ) aşağıda yer alan denklem ile belirlenir.

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl} \quad , \quad k \neq l \quad (14)$$

Diğer bir değişle uyumsuzluk eşik ( $\underline{d}$ ) değeri,  $\frac{1}{m(m-1)}$  değeri ile D matrisindeki elemanların toplamının çarpımına eşittir. G matrisindeki elemanlar ( $g_{kl}$ ) 1 veya 0 değerlerini alır. Aşağıdaki ilişki yardımıyla bulunur.

$$\begin{aligned} d_{kl} \leq \underline{d} \text{ ise; } g_{kl} &= 1, \\ d_{kl} > \underline{d} \text{ ise; } g_{kl} &= 0. \end{aligned} \quad (15)$$

F ve G matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$F = \begin{bmatrix} - & f_{12} & \dots & f_{1m} \\ f_{21} & - & \dots & f_{2m} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ f_{m1} & f_{m2} & \dots & - \end{bmatrix} \quad G = \begin{bmatrix} - & g_{12} & \dots & g_{1m} \\ g_{21} & - & \dots & g_{2m} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ g_{m1} & g_{m2} & \dots & - \end{bmatrix}$$

Adım 7 Toplam Üstünlük Matrisi (E) Belirlenmesi: E matrisin elemanları F ve G matrislerinin elemanlarının karşılıklı çarpımına eşittir. Elde edilen E matrisi C ile D matrisine bağlı olan bir kare matristir ve 1 ya da 0 değerlerini içerir.

$$e_{kl} = f_{kl} \times g_{kl} \quad (16)$$

E matrisi aşağıda gösterilmiştir. Toplam üstünlük (E) matrisine bakılarak alternatiflerin üstünlükleri ve tercih sıralamaları kıyaslanır.

$$E = \begin{bmatrix} - & e_{12} & \dots & e_{1m} \\ e_{21} & - & \dots & e_{2m} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ e_{m1} & e_{m2} & \dots & - \end{bmatrix}$$

Adım 8 Net Uyumluluk ( $c_k$ ) ve Net Uyumsuzluk ( $d_k$ ) İndekslerinin Belirlenmesi: E matrisi yardımıyla alternatifler arasındaki tercih sırası oluşturulur. Ancak üstünlüklerin net olarak belirlenemediği durumlarda ise, net uyumluluk ve net uyumsuzluk indekslerinin hesaplanması gereklidir. Net uyumluluk indeksi,

$$c_k = \sum_{l=1}^m c_{kl} - \sum_{l=1}^m c_{lk}, \quad l \neq k \quad (17)$$

ve net uyumsuzluk indeksi ise,

$$d_k = \sum_{l=1}^m d_{kl} - \sum_{l=1}^m d_{lk}, \quad l \neq k \quad (18)$$

formülü ile hesaplanır. Buradan elde edilen ' $d_k$ ' küçükten büyüğe ve ' $c_k$ ' büyükten küçüğe sıralanır.

### VIKOR Yöntemi

VIKOR yöntemi ile alternatiflerin önceliklendirilmesinde 7 temel adım ve iki koşul mevcuttur. Bu adım ve koşullar aşağıda verilmiştir.

Adım 1 Karar Matrisi (X) Oluşturulması:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 2 Kriterlerin En İyi ( $f_j^*$ ) ve En Kötü ( $f_j^-$ ) Değerlerinin Bulunması: Burada j. kriter bir faydayı temsil ettiğinde  $f_j^*$  ve  $f_j^-$  değerleri;

$$f_j^* = \max_i x_{ij} \quad f_j^- = \min_i x_{ij} \quad (19)$$

eşitlikleri ile belirlenirken, j. kriteri bir maliyeti temsil ettiğinde  $f_j^*$  ve  $f_j^-$  değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla belirlenir.

$$f_j^* = \min_i x_{ij} \quad f_j^- = \max_i x_{ij} \quad (20)$$

Adım 3 Normalize Karar Matrisi (R) Oluşturulması: Normalizasyon işlemiyle X matrisi karşılaştırılabilir seviyeye indirgenir. Böylelikle R matrisi elde edilir. R matrisinin elemanları:

$$r_{ij} = \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (21)$$

formülü ile hesaplanır. Hesaplamalar sonunda elde edilen R matrisi aşağıdaki şekilde gösterilir.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 4 Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi (V) Oluşturulması:  $w_j$  kriter ağırlıkları ile R matrisindeki sütunlarda gösterilen kriterlerin çarpılması ile, V matrisi elde edilir. V matrisinin elemanları  $v_{ij}$ :

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (22)$$

eşitliği ile bulunur. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi V aşağıdaki şekilde gösterilir.

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 5 En Büyük Pişmanlık ( $R_i$ ) ve Ortalama Grup Faydası ( $S_i$ ) Değerlerinin Belirlenmesi: En büyük pişmanlık  $R_i$  alternatifler arasındaki en kötü grup değeridir.  $S_i$  ve  $R_i$  değerleri aşağıdaki denklemler ile hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (23)$$

$$R_i = \max_j \left( w_j \cdot \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right) \quad (24)$$

Adım 6  $Q_i$  Değerinin Belirlenmesi: Bu aşamada  $Q_i$  değeri hesaplanacaktır. Bu değer alternatifleri sıralamak için kullanılacaktır.  $Q_i$  değeri  $S^*$ ,  $S^-$ ,  $R^*$  ve  $R^-$  parametreleri yardımıyla belirlenir ve bu parametreler sırasıyla aşağıdaki eşitlikler ile bulunmaktadır.

$$S^* = \min_i S_i \quad S^- = \max_i S_i \quad R^* = \min_i R_i \quad R^- = \max_i R_i \quad (25)$$

$Q_i$  değerinin hesaplanmasında kullanılan diğer bir elemanda  $q$  parametresidir.  $q$  parametresi kriterlerin çoğunluğunun ağırlığını gösterir. Karşıt görüşte olanların minimum pişmanlık ağırlıkları  $(1-q)$  değeri ile ifade edilir. ( $q > 0,5$ ) ise “uzlaşma” sağlanır. ( $q = 0,5$ ) olduğu durumda “konsensüs” olurken ( $q < 0,5$ ) ise “veto” sağlanır.  $Q_i$  değeri denklem (26) yardımıyla hesaplanır.

$$Q_i = \frac{q \cdot (S_i - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-q) \cdot (R_i - R^*)}{R^- - R^*} \quad (26)$$

Adım 7 Alternatif Sıralaması ve Koşul Denetimi: Bu aşamada  $S_i$ ,  $R_i$  ve  $Q_i$  ayrı ayrı en küçükten en büyüğe sıralanır. Böylelikle 3 adet sıralama oluşur. Bu sıralamaların doğrulamak için alternatiflerin kabul edilebilir avantaj ( $C_1$ ) ve kabul edilebilir istikrar ( $C_2$ ) kümeleri elde edilir.

Koşul I Kabul Edilebilir Avantaj Koşulu ( $C_1$ ): Denklem (27) kullanılarak alternatiflerin  $C_1$  kümesinde yer alıp almadığı denetlenir.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ \quad (27)$$

Denklem (27)'deki  $DQ$  ifadesi için denklem (28) den yararlanılır. Bu ifadedeki  $m$  alternatif sayısını belirtir.

$$DQ = \frac{1}{m-1} \quad (28)$$

İlk alternatif denklem (27) e göre değerlendirilir. Bu denklemi sağlar ise Koşul I gerçekleşmiştir.  $Q_i$  değeri sıralamasında yer alan tüm alternatifler de sırasıyla aynı denkleme tabi tutulup koşulu sağlayıp sağlamadığına bakılır. Koşulu sağlayanlar  $C_1$  kümesinde yer alır.

Koşul II Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu ( $C_2$ ): Burada istenen  $Q_i$  değerlerine göre yapılan sıralama ile  $S_i$  ve/veya  $R_i$  sıralamalarının birbirine uyumlu olmasıdır. Yani küçük  $Q_i$  değerine sahip alternatifin diğer sıralamalarda da minimum değerde olması beklenir. Sonuç uyumluysa elde edilen sonuç istikrarlıdır. Koşulu sağlayanlar  $C_2$  kümesinde yer alır.

Verilen iki koşuldan birinin sağlanmadığı durumlar aşağıdaki adımlar izlenir.

- Koşul II sağlanmadığı durumlarda ilk iki sıradaki alternatif tercih olarak kabul edilir.
- Koşul I sağlanmadığında tüm alternatifler en iyi çözüm kümesinde yer alabilir.

Aşağıdaki eşitsizlik ile en iyi çözüm kümesinde bulunacak alternatifler belirlenir.

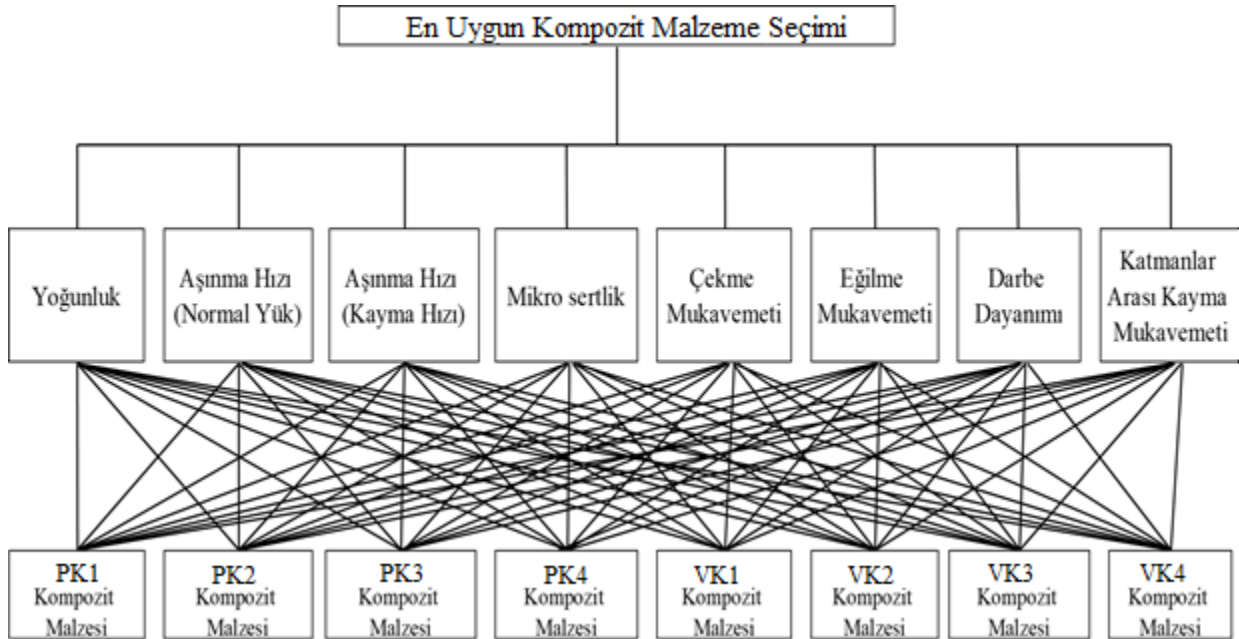
$$D(A_M) - Q(A_1) < DQ \quad (29)$$

Denklem (29) da verilen eşitsizliği sağlayan son alternatifin sıra numarası M ile gösterilir. Uzlaşık çözüm kümesi için  $Q_i$  değerine bağlı olarak bir sıralama elde edilir En iyi alternatif minimum  $Q_i$  değerine sahip alternatif olarak kabul edilir.

## BULGULAR ve ANALİZ

### AHP Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

En uygun kompozit malzeme seçimi için amacın, kriterlerin ve alternatiflerin belirtildiği hiyerarşik yapı oluşturulur ve bu yapı Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2: En Uygun Kompozit Malzeme Seçiminin Hiyerarşik Yapısı

Kriterlerin önem değerleri Tablo 2’de verilen Saaty ölçeği yardımıyla önem derecesine göre ikili karar matrisinde düzenlenir. Tablo 4’te kriterlerin ikili karşılaştırması gösterilmektedir.

AHP yöntemi işlem adımlarını takip ederek standartlaştırılmış matris ve kriterlerin ağırlıkları elde edilir. Öncelik vektörü ve öz vektör hesaplanır. Asal öz değer ise 9,0743 olarak bulunur ve tutarlılık indeksi (TI), denklem (3) kullanılarak hesaplanır. Bu çalışmada kriter (n) sayısı 8’dir. TI değeri 0.1535 olarak bulunmuştur. Rastgele tutarsızlık indeksi (RI) kriter sayısı ile ilişkili olduğundan Tablo 3 kullanılarak belirlenir. Denklem (4) kullanılarak hesaplanan tutarlılık oranının (TO) değeri, izin verilen aralığın oldukça altında olan 0,1088’dir. Sonuçlar Tablo 5’te özetlenmiştir.



**Tablo 4:** Kriterlerin İkili Karşılaştırılması

Kriterler	Yoğunluk	Aşınma Hızı (Normal Yük)	Aşınma Hızı (Kayma Hızı)	Mikro sertlik	Çekme Mukavemeti	Eğilme Mukavemeti	Katmanlar Arası Kayma Mukavemeti	Darbe Dayanımı
Yoğunluk	1	1/8	1/8	1/4	1/7	1/5	1/5	1/4
Aşınma Hızı (Normal Yük)	8	1	1/2	5	4	3	3	3
Aşınma Hızı (Kayma Hızı)	8	2	1	5	4	3	3	3
Mikro sertlik	4	1/5	1/5	1	1/6	1/4	1/4	1/3
Çekme Mukavemeti	7	1/4	1/4	6	1	4	4	4
Eğilme Mukavemeti	5	1/3	1/3	4	1/4	1	2	1/3
Katmanlar Arası Kayma Mukavemeti	5	1/3	1/3	4	1/4	1/2	1	1/3
Darbe Dayanımı	4	1/3	1/3	3	1/4	3	3	1

**Tablo 5:** AHP Yönteminin Sonuçları

	Yoğunluk	Aşınma Hızı (Normal Yük)	Aşınma Hızı (Kayma Hızı)	Mikro sertlik	Çekme Mukavemeti	Eğilme Mukavemeti	Katmanlar Arası Kayma Mukavemeti	Darbe Dayanımı
Kriter Ağırlıkları	0.0201	0.2218	0.2694	0.0394	0.1815	0.0853	0.0735	0.1090
Asal Öz değer ve Tutarlılık Parametreleri	$\lambda_{max} =$ 9.0743		TI = 0.1535	RI = 1.41	TO = 0.1088			

**ELECTRE-I Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması**

Adım 1 Karar Matrisi (A) Oluşturulması: Alternatifleri ve kriter değerlerinin gösterildiği A matrisi Tablo 6'da verilmektedir.

**Tablo 6:** Alternatiflerin Kriter Değerleri ve Karar Matrisi (A)

Kompozitler	Yoğunluk (gm/cc)	Aşınma Hızı (Normal Yük) (cm <sup>3</sup> /N-m)	Aşınma Hızı (Kayma Hızı) (cm <sup>3</sup> /N-m)	Mikro- sertlik (Hv)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	Eğilme Mukavemeti (Mpa)	Katmanlar Arası Kayma Mukavemeti (Mpa)	Darbe Dayanımı (J)
PK1	1,2060	0,0296	0,0298	23,9000	30,2700	41,8500	49,3400	1,3510
PK2	1,2078	0,0267	0,0214	28,7000	38,4600	47,1300	53,9200	1,5050
PK3	1,2127	0,0259	0,0188	33,3000	42,2300	53,4200	59,4300	1,7960
PK4	1,2221	0,0240	0,0164	35,2000	38,6500	50,2600	51,0400	1,9330
VK1	1,2130	0,0350	0,0221	24,2700	36,1900	51,7100	55,5900	1,5560
VK2	1,2180	0,0298	0,0165	29,5800	40,0600	54,3600	57,1300	1,9240
VK3	1,2260	0,0257	0,0138	35,1200	44,5300	58,6700	60,8700	2,0360
VK4	1,2330	0,0240	0,0123	37,4300	39,8700	57,0900	56,1900	2,1920

Adım 2 Standart Karar Matrisi (X) Belirlenmesi: Fayda kriterleri için denklem (5) ve zarar kriterleri içinde denklem (5 ve 6) kullanılarak A matrisi normalize edilerek X matrisi oluşturulur. X matrisi Tablo 7'de verilmiştir.

Adım 3 Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi (Y) Oluşturulması: AHP yöntemi kullanılarak bulunan kriter ağırlıkları ile standart karar matrisi denklem (7) yardımı ile çarpılmasıyla ağırlıklı normalize karar matrisi bulunur. Y matrisi Tablo 8'de verilmiştir.

Adım 4 Uyum (C<sub>kl</sub>) ve Uyumsuzluk (D<sub>kl</sub>) Kümelerinin Oluşturulması: Ağırlıklı normalize karar matrisinin satır elemanları birbirleri ile denklem (8 ve 9) kullanılarak kıyaslanmaları sonucunda uyum ve uyumsuzluk kümeleri belirlenir. Belirlenen uyum ve uyumsuzluk kümeleri Tablo 9'da verilmiştir.

Adım 5 Uyum (C) ve Uyumsuzluk (D) Matrislerinin Belirlenmesi: Uyum setlerinde belirlenen elemanlar ile denklem (10) kullanılarak uyum matrisi oluşturulur. Tablo 10'da uyum matrisi verilmiştir.

**Tablo 7:** Standart Karar Matrisi (X)

Kompozitler	Yoğunluk (gm/cc)	Aşınma Hızı (Normal Yük) (cm <sup>3</sup> /N-m)	Aşınma Hızı (Kayma Hızı) (cm <sup>3</sup> /N-m)	Mikro-sertlik (Hv)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	Eğilme Mukavemeti (Mpa)	Katmanlar Arası Kayma Mukavemeti (Mpa)	Darbe Dayanımı (J)
PK1	2,8551	2,6582	1,8576	0,2699	0,2745	0,2842	0,3140	0,2643
PK2	2,8508	2,9417	2,5884	0,3241	0,3488	0,3201	0,3431	0,2944
PK3	2,8393	3,0383	2,9511	0,3761	0,3830	0,3628	0,3782	0,3514
PK4	2,8174	3,2708	3,3879	0,3975	0,3505	0,3413	0,3248	0,3782
VK1	2,8386	2,2485	2,5030	0,2741	0,3282	0,3512	0,3537	0,3044
VK2	2,8269	2,6368	3,3612	0,3340	0,3633	0,3692	0,3635	0,3764
VK3	2,8085	3,0643	4,0256	0,3966	0,4038	0,3984	0,3873	0,3983
VK4	2,7925	3,2790	4,5108	0,4227	0,3616	0,3877	0,3576	0,4289

**Tablo 8:** Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi (Y)

Kompozitler	Yoğunluk (gm/cc)	Aşınma Hızı (Normal Yük) (cm <sup>3</sup> /N-m)	Aşınma Hızı (Kayma Hızı) (cm <sup>3</sup> /N-m)	Mikro-sertlik (Hv)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	Eğilme Mukavemeti (Mpa)	Katmanlar Arası Kayma Mukavemeti (Mpa)	Darbe Dayanımı (J)
PK1	0,0574	0,5895	0,5005	0,0106	0,0498	0,0242	0,0231	0,0288
PK2	0,0573	0,6524	0,6974	0,0128	0,0633	0,0273	0,0252	0,0321
PK3	0,0571	0,6738	0,7951	0,0148	0,0695	0,0309	0,0278	0,0383
PK4	0,0566	0,7254	0,9128	0,0157	0,0636	0,0291	0,0239	0,0412
VK1	0,0570	0,4987	0,6744	0,0108	0,0596	0,0300	0,0260	0,0332
VK2	0,0568	0,5848	0,9056	0,0132	0,0659	0,0315	0,0267	0,0410
VK3	0,0564	0,6796	1,0846	0,0156	0,0733	0,0340	0,0285	0,0434
VK4	0,0561	0,7272	1,2153	0,0166	0,0656	0,0331	0,0263	0,0468

**Tablo 9:** Uyum ve Uyumsuzluk Kümeleri

Uyum Kümeleri		Uyumsuzluk Kümeleri		Uyum Kümeleri		Uyumsuzluk Kümeleri	
C12	{1}	D12	{2,3,4,5,6,7,8}	C51	{3,4,5,6,7,8}	D51	{1,2}
C13	{1}	D13	{2,3,4,5,6,7,8}	C52	{6,7,8}	D52	{1,2,3,4,5}
C14	{1}	D14	{2,3,4,5,6,7,8}	C53	{}	D53	{1,2,3,4,5,6,7,8}
C15	{1,2}	D15	{3,4,5,6,7,8}	C54	{1,6,7}	D54	{2,3,4,5,8}
C16	{1,2}	D16	{3,4,5,6,7,8}	C56	{1}	D56	{2,3,4,5,6,7,8}
C17	{1}	D17	{2,3,4,5,6,7,8}	C57	{1}	D57	{2,3,4,5,6,7,8}
C18	{1}	D18	{2,3,4,5,6,7,8}	C58	{1}	D58	{2,3,4,5,6,7,8}
C21	{2,3,4,5,6,7,8}	D21	{1}	C61	{3,4,5,6,7,8}	D61	{1,2}
C23	{1}	D23	{2,3,4,5,6,7,8}	C62	{3,4,5,6,7,8}	D62	{1,2}
C24	{1,7}	D24	{2,3,4,5,6,8}	C63	{3,6,8}	D63	{1,2,4,5,7}
C25	{1,2,3,4,5}	D25	{6,7,8}	C64	{1,5,6,7}	D64	{2,3,4,8}
C26	{1,2}	D26	{3,4,5,6,7,8}	C65	{2,3,4,5,6,7,8}	D65	{1}
C27	{1}	D27	{2,3,4,5,6,7,8}	C67	{1}	D67	{2,3,4,5,6,7,8}
C28	{1}	D28	{2,3,4,5,6,7,8}	C68	{1,5,7}	D68	{2,3,4,6,8}
C31	{2,3,4,5,6,7,8}	D31	{1}	C71	{2,3,4,5,6,7,8}	D71	{1}
C32	{2,3,4,5,6,7,8}	D32	{1}	C72	{2,3,4,5,6,7,8}	D72	{1}
C34	{1,5,6,7}	D34	{2,3,4,8}	C73	{2,3,4,5,6,7,8}	D73	{1}
C35	{1,2,3,4,5,6,7,8}	D35	{}	C74	{3,5,6,7,8}	D74	{1,2,4}
C36	{1,2,4,5,7}	D36	{3,6,8}	C75	{2,3,4,5,6,7,8}	D75	{1}
C37	{1}	D37	{2,3,4,5,6,7,8}	C76	{2,3,4,5,6,7,8}	D76	{1}
C38	{1,5,7}	D38	{2,3,4,6,8}	C78	{1,5,6,7}	D78	{2,3,4,8}
C41	{2,3,4,5,6,7,8}	D41	{1}	C81	{2,3,4,5,6,7,8}	D81	{1}
C42	{2,3,4,5,6,8}	D42	{1,7}	C82	{2,3,4,5,6,7,8}	D82	{1}
C43	{2,3,4,8}	D43	{1,5,6,7}	C83	{2,3,4,6,8}	D83	{1,5,7}
C45	{2,3,4,5,8}	D45	{1,6,7}	C84	{2,3,4,5,6,7,8}	D84	{1}
C46	{2,3,4,8}	D46	{1,5,6,7}	C85	{2,3,4,5,6,7,8}	D85	{1}
C47	{1,2,4}	D47	{3,5,6,7,8}	C86	{2,3,4,6,8}	D86	{1,5,7}
C48	{1}	D48	{2,3,4,5,6,7,8}	C87	{2,3,4,8}	D87	{1,5,6,7}



**Tablo 14:** Toplam Üstünlük Matrisi (E)

Kompozitler	PK1	PK2	PK3	PK4	VK1	VK2	VK3	VK4
PK1		0	0	0	0	0	0	0
PK2	1		0	0	1	0	0	0
PK3	1	1		0	1	0	0	0
PK4	1	1	1		1	1	0	0
VK1	1	0	0	0		0	0	0
VK2	1	1	0	0	1		0	0
VK3	1	1	1	1	1	1		0
VK4	1	1	1	1	1	1	1	

Adım 8 Net Uyumluluk ( $c_k$ ) ve Net Uyumsuzluk ( $d_k$ ) İndekslerinin Belirlenmesi: Üstünlüklerin ve sıralamanın kesin belirlenmesi için ' $c_k$ ' ve ' $d_k$ ' değerleri bulunmalıdır. Denklem (17) kullanılarak net uyumluluk indeksleri hesaplanır ve büyükten küçüğe sıralanır. Tablo 15'te net uyumluluk indeksleri ve sıralamaları verilmiştir.

Net uyumsuzluk indeksleri denklem (18) kullanılarak hesaplanır ve bulunan değerler küçükten büyüğe sıralanır. Tablo 16'da net uyumsuzluk indeksleri ve sıralamaları verilmiştir.

**Tablo 15:** Net Uyumluluk İndeksleri

Kompozitler	$c_k$	Sıralama
PK1	-5,83153	8
PK2	-2,784331	6
PK3	1,30322	4
PK4	1,575889	3
VK1	-4,4696	7
VK2	0,230942	5
VK3	4,957274	2
VK4	5,018137	1

**Tablo 16:** Net Uyumsuzluk İndeksleri

Kompozitler	$d_k$	Sıralama
PK1	6,4590912	8
PK2	2,6799133	6
PK3	0,1361957	5
PK4	-3,1808653	3
VK1	5,4921056	7
VK2	0,118667	4
VK3	-4,782628	2
VK4	-6,9224793	1

Tablo 15 ve Tablo 16'daki sıralama değerleri kıyaslanarak nihai sıralama yapılır. Bu sıralama Tablo 17 de verilmiştir. ELECTRE I yöntemiyle yapılan sıralamada VK4 kompoziti en iyi tercih olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde PK1 kompoziti ise alternatifler arasındaki en kötü tercih olarak belirlenmiştir.

**Tablo 17:** Kompozitlerin ELECTRE I Yöntemiyle Sıralanması

ELECTRE I	
Sıralama	Kompozitler
1	VK4
2	VK3
3	PK4
4	VK2
5	PK3
6	PK2
7	VK1
8	PK1

### VIKOR Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

Adım 1 Karar Matrisi (X) Oluşturulması: Alternatifleri ve kriter değerlerinin gösterildiği X matrisi Tablo 18'de yer almaktadır.

**Tablo 18:** Alternatifler ve Kriter Değerleri Karar Matrisi (X)

Kompozitler	Yoğunluk (gm/cc)	Aşınma Hızı (Normal Yük) (cm <sup>3</sup> /N-m)	Aşınma Hızı (Kayma Hızı) (cm <sup>3</sup> /N-m)	Mikro-sertlik (Hv)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	Eğilme Mukavemeti (Mpa)	Katmanlar Arası Kayma Mukavemeti (Mpa)	Darbe Dayanımı (J)
PK1	1,2060	0,0296	0,0298	23,9000	30,2700	41,8500	49,3400	1,3510
PK2	1,2078	0,0267	0,0214	28,7000	38,4600	47,1300	53,9200	1,5050
PK3	1,2127	0,0259	0,0188	33,3000	42,2300	53,4200	59,4300	1,7960
PK4	1,2221	0,0240	0,0164	35,2000	38,6500	50,2600	51,0400	1,9330
VK1	1,2130	0,0350	0,0221	24,2700	36,1900	51,7100	55,5900	1,5560
VK2	1,2180	0,0298	0,0165	29,5800	40,0600	54,3600	57,1300	1,9240
VK3	1,2260	0,0257	0,0138	35,1200	44,5300	58,6700	60,8700	2,0360
VK4	1,2330	0,0240	0,0123	37,4300	39,8700	57,0900	56,1900	2,1920

Adım 2 Kriterlerin En İyi ( $f_j^*$ ) ve En Kötü ( $f_j^-$ ) Değerlerinin Bulunması: Fayda ve zarar kriterleri Tablo 19’de gösterilmiştir. Denklem (19) ve (20) ‘ $f_j^*$ ’ ve ‘ $f_j^-$ ’ değerleri hesaplanmıştır ve Tablo 20’de yer almaktadır.

**Tablo 19:** Fayda ve Zarar Kriterleri

Yoğunluk (gm/cc)	Aşınma Hızı (Normal Yük) (cm3/N-m)	Aşınma Hızı (Kayma Hızı) (cm3/N-m)	Mikro-sertlik (Hv)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	Eğilme Mukavemeti (Mpa)	Katmanlar Arası Kayma Mukavemeti (Mpa)	Darbe Dayanımı (J)
Zarar	Zarar	Zarar	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda

**Tablo 20:** En İyi ve En Kötü Değerler

Kompozitler	Yoğunluk (gm/cc)	Aşınma Hızı (Normal Yük) (cm3/N-m)	Aşınma Hızı (Kayma Hızı) (cm3/N-m)	Mikro-sertlik (Hv)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	Eğilme Mukavemeti (Mpa)	Katmanlar Arası Kayma Mukavemeti (Mpa)	Darbe Dayanımı (J)
PK1	1,2060	0,0296	0,0298	23,9000	30,2700	41,8500	49,3400	1,3510
PK2	1,2078	0,0267	0,0214	28,7000	38,4600	47,1300	53,9200	1,5050
PK3	1,2127	0,0259	0,0188	33,3000	42,2300	53,4200	59,4300	1,7960
PK4	1,2221	0,0240	0,0164	35,2000	38,6500	50,2600	51,0400	1,9330
VK1	1,2130	0,0350	0,0221	24,2700	36,1900	51,7100	55,5900	1,5560
VK2	1,2180	0,0298	0,0165	29,5800	40,0600	54,3600	57,1300	1,9240
VK3	1,2260	0,0257	0,0138	35,1200	44,5300	58,6700	60,8700	2,0360
VK4	1,2330	0,0240	0,0123	37,4300	39,8700	57,0900	56,1900	2,1920
<b>En iyi</b>	<b>1,2060</b>	<b>0,0240</b>	<b>0,0123</b>	<b>37,4300</b>	<b>44,5300</b>	<b>58,6700</b>	<b>60,8700</b>	<b>2,1920</b>
<b>En kötü</b>	<b>1,2330</b>	<b>0,0350</b>	<b>0,0298</b>	<b>23,9000</b>	<b>30,2700</b>	<b>41,8500</b>	<b>49,3400</b>	<b>1,3510</b>

Adım 3 Normalize Karar Matrisi (R) Oluşturulması: Denklem (21) kullanılarak R matrisi hesaplanmıştır ve Tablo 21’de verilmiştir.

**Tablo 21:** Normalize Karar Matrisi (R)

Kompozitler	Yoğunluk (gm/cc)	Aşınma Hızı (Normal Yük) (cm3/N-m)	Aşınma Hızı (Kayma Hızı) (cm3/N-m)	Mikro-sertlik (Hv)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	Eğilme Mukavemeti (Mpa)	Katmanlar Arası Kayma Mukavemeti (Mpa)	Darbe Dayanımı (J)
PK1	0,0000	0,5096	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
PK2	0,0667	0,2502	0,5200	0,6452	0,4257	0,6861	0,6028	0,8169
PK3	0,2481	0,1729	0,3700	0,3052	0,1613	0,3121	0,1249	0,4709
PK4	0,5963	0,0055	0,2320	0,1648	0,4123	0,5000	0,8526	0,3080
VK1	0,2593	1,0000	0,5616	0,9727	0,5849	0,4138	0,4579	0,7562
VK2	0,4444	0,5314	0,2395	0,5802	0,3135	0,2562	0,3244	0,3187
VK3	0,7407	0,1529	0,0844	0,1707	0,0000	0,0000	0,0000	0,1855
VK4	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3268	0,0939	0,4059	0,0000

Adım 4 Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi (V) Oluşturulması: AHP yönteminde bulunan kriter ağırlıklarıyla denklem (22) kullanılarak ağırlıklı V matrisi Tablo 22’de oluşturulur.

Adım 5 En Büyük Pişmanlık ( $R_i$ ) ve Ortalama Grup Faydası ( $S_i$ ) Değerlerinin Belirlenmesi: Denklem (23) kullanılarak ‘ $S_i$ ’ ve denklem (24) kullanılarak ‘ $R_i$ ’ değerleri hesaplanmıştır Tablo 23’te verilmiştir.

**Tablo 22:** Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi (V)

Kompozitler	Yoğunluk (gm/cc)	Aşınma Hızı (Normal Yük) (cm3/N-m)	Aşınma Hızı (Kayma Hızı) (cm3/N-m)	Mikro-sertlik (Hv)	Çekme Mukavemeti (Mpa)	Eğilme Mukavemeti (Mpa)	Katmanlar Arası Kayma Mukavemeti (Mpa)	Darbe Dayanımı (J)
PK1	0,0000	0,1130	0,2694	0,0394	0,1815	0,0853	0,0735	0,1090
PK2	0,0013	0,0555	0,1401	0,0254	0,0772	0,0585	0,0443	0,0891
PK3	0,0050	0,0383	0,0997	0,0120	0,0293	0,0266	0,0092	0,0513
PK4	0,0120	0,0012	0,0625	0,0065	0,0748	0,0427	0,0627	0,0336
VK1	0,0052	0,2218	0,1513	0,0383	0,1061	0,0353	0,0337	0,0825
VK2	0,0089	0,1179	0,0645	0,0229	0,0569	0,0219	0,0238	0,0347
VK3	0,0149	0,0339	0,0227	0,0067	0,0000	0,0000	0,0000	0,0202
VK4	0,0201	0,0000	0,0000	0,0000	0,0593	0,0080	0,0298	0,0000

Adım 6  $Q_i$  Değerinin Belirlenmesi: Denklem (25) de belirtilen parametreler sırasıyla “ $S^* = 0.0985$ ,  $S^- = 0.8711$ ,  $R^* = 0.0339$  ve  $R^- = 0.2694$ ” olarak hesaplanmıştır. Bir diğer parametre olan “ $q$ ” değeri ise sonucun uzlaşmacı bir yaklaşım olması için ‘0.5’ olarak kabul edilmiştir. Denklem (26) kullanılarak kompozit malzemelerin sıralanması için gerekli ‘ $Q_i$ ’ değeri bulunmuştur ve Tablo 23’te verilmiştir.

**Tablo 23:**  $S_i$ ,  $R_i$  ve  $Q_i$  Değerleri

Kompozitler	$S_i$ Değerleri	$R_i$ Değerleri	$Q_i$ (q=0.5) Değerleri
PK1	0,871133051	0,26942498	1
PK2	0,491485056	0,1400887	0,4797518
PK3	0,271455205	0,09969032	0,251604253
PK4	0,295939767	0,0748226	0,214655931
VK1	0,674144088	0,22177738	0,771372882
VK2	0,351481019	0,11785076	0,341943533
VK3	0,098471109	0,03390227	0
VK4	0,117252057	0,05929818	0,066067329

Adım 7 Alternatif Sıralaması ve Koşul Denetimi: Bu aşamada,  $S_i$ ,  $R_i$  ve  $Q_i$  ayrı ayrı en küçükten en büyüğe sıralanır ve üç adet alternatif sıralaması oluşturulur Tablo 24 verilmiştir. Daha sonra sıralamanın doğruluğunu kontrol etmek için alternatiflerin kabul edilebilir avantaj ( $C_1$ ) ve kabul edilebilir istikrar ( $C_2$ ) kümeleri belirlenir.

**Tablo 24:**  $S_i$ ,  $R_i$  ve  $Q_i$  Değerlerinin Sıralanması

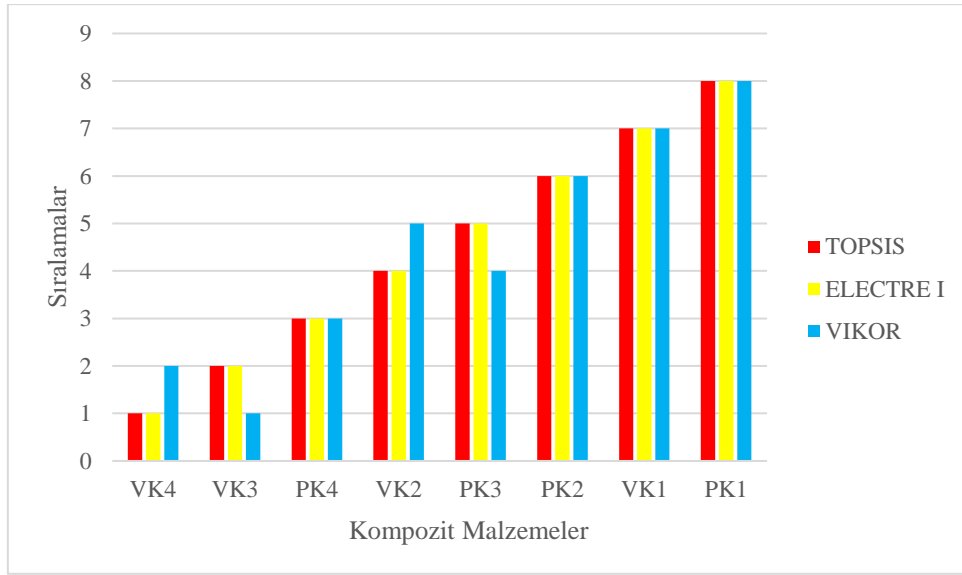
Kompozitler	$S_i$ Değerleri	Kompozitler	$R_i$ Değerleri	Kompozitler	$Q_i$ (q=0.5) Değerleri
VK3	0,098471109	VK3	0,033902274	VK3	0
VK4	0,117252057	VK4	0,059298181	VK4	0,066067329
PK3	0,271455205	PK4	0,074822597	PK4	0,214655931
PK4	0,295939767	PK3	0,099690316	PK3	0,251604253
VK2	0,351481019	VK2	0,117850763	VK2	0,341943533
PK2	0,491485056	PK2	0,140088703	PK2	0,4797518
VK1	0,674144088	VK1	0,221777377	VK1	0,771372882
PK1	0,871133051	PK1	0,269424984	PK1	1

Yukarıda Tablo 24 de verilen sıralamanın doğruluğunu kontrol etmek amacıyla Koşul I ve II den yararlanılmıştır.  $Q_i$  değeri en küçük olan VK3 ( $A_2$ ) kompozit malzemesi için Koşul I şartı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Buradaki  $A_2$  ikinci en iyi alternatif olan VK4 kompozitidir. Burada VK3 kompozitinin Koşul I şartını sağlamadığı görülmektedir.

Koşul I  $DQ = \frac{1}{m-1} = \frac{1}{8-1} = 0.143$  ise;  $Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ$  ise  $0.066 - 0 < 0.143$  buradan  $0.066 < 0.143$  elde edilir. VK3 kompozitinin  $Q_i$  değerleri Tablo 24 de yer alan  $S_i$  ve  $R_i$  değerleriyle kıyaslanmıştır. VK3 kompozit malzemesinin  $S_i$  ve  $R_i$  değerlerinin de minimum değerler olduğu görülmüştür. Böylelikle VK3 malzemesinin Koşul II yi sağladığı görülmüştür. VK3 kompozitinin her iki koşulu birlikte sağlamadığı görülmüştür.

Tüm alternatifler Koşul I sağlamadığı için tercih edilebilir. Denklem (29) kullanılarak alternatifler arasından en iyiler sıralanır. Bu denklemde  $A_1=VK3$ ;  $A_2=VK4$ ;  $A_3=PK4$ ;  $A_4=PK3$ ;  $A_5=VK2$ ;  $A_6=PK2$ ;  $A_7=VK1$ ;  $A_8=PK1$  olduğuna göre;  $D(A_M) - Q(A_1) < DQ$ ,  $D(A_M) - Q(A_1) = 0.066 < 0.143$  olduğundan VK4 kompozit malzemesi koşulu sağlamakta ve aynı hesaplama diğer kompozitler için yapıldığında hiçbiri bu koşulu sağlamamaktadır. Buna göre  $(A_M) = VK4$  kompozit malzemesidir. En iyi çözüm kümesi =  $\{VK3, VK4\}$  olarak belirlenir. Burada yer alan alternatifler arasındaki en iyisi minimum  $Q_i$  değeri olan VK3 kompozit malzemesidir. Bu sebeple VIKOR yöntemiyle sıralarken  $Q_i$  değerlerine göre sıralama yapılmıştır.

Literatürde yer alan TOPSIS metoduyla elde edilmiş sonuçlar (Patnaik vd., 2019) ile bu çalışmada yer alan ELECTRE I ve VIKOR yöntemle kullanılarak elde edilen sıralanışı Şekil 3’ de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar birbirleriyle uyum içinde olmuştur. Buna göre en iyi kompozit malzeme tercihleri viskon kumaş içerikli kompozit olan VK3 ve VK4 tipi kompozitler olarak belirlenmiştir. Ayrıca tüm 3 metot da da PK1 tipi kompozit en kötü alternatif olarak seçilmiştir.



**Şekil 3:** Kompozitlerin farklı ÇKKV Yöntemleriyle Sıralanmasının Karşılaştırılması

### Önceliklendirme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, farklı ağırlık oranlarında (0, 5, 10 ve 15 w/w) YFC, değişik oranda epoksi ile viskon ya da polyester kumaş içeren 8 farklı kompozit malzemenin önceliklendirilmesi yapılmıştır. Alternatifler arasında sıralama yapılırken kompozitlerin Tablo 6 da yer alan yoğunluk, aşınma hızı, mikro sertlik, çekme mukavemeti, eğilme mukavemeti, darbe dayanımı, kayma mukavemeti gibi fiziksel ve mekanik özelliklerinden yararlanılmıştır. Tablo 6 incelendiğinde aynı oranda YFC ve epoksi içeren viskon kumaş içerikli kompozitlerin polyester kumaş içerikli kompozitlere göre daha iyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Yine aynı tabloda YFC oranı arttıkça kompozitlerin yoğunluğu, mikro sertliği ve darbe dayanımları artarken aşınma hızları ise azalmaktadır. Bununla birlikte kompozitlerin çekme, eğilme ve kayma mukavemetleri YFC oranı 0 dan yüzde 10'a kadar artırıldığında artarken, yüzde 15 YFC oranına ulaşıldığında mekanik özellikleri bir miktar azalmaktadır. Ağırlıkça %15 YFC dolgululu kompozitler, en yüksek aşınma direncine sahip oldukları yine aynı tabloda görülmektedir.

AHP yöntemi kullanılarak yapılan kriter ağırlıklandırma aşamasında Tablo 2 de verilen ikili karşılaştırma (SAATY) ölçeğinden yararlanılmıştır. Tablo 4 de verilen kriterlerin ikili karşılaştırma matrisinde görüldüğü üzere sırasıyla aşınmaya dayanıklı (aşınma hızı düşük), çekme mukavemeti yüksek, eğilme ve kayma mukavemeti açısından önemli, mikro sertlik ve darbe dayanımı yönünden orta derecede önemli, yoğunluğu düşük bir malzeme seçilmesi amaçlanmıştır. Tablo 4 de yer alan rakamlar büyüdükçe kriterin öneminin arttığına dikkat edilmelidir. Burada en önemli kriter malzemenin aşınma hızının düşük olmasıdır.

Yapılan önceliklendirme sonucunda alternatifler arasında 3 yöntemin ikisinde (TOPSIS ve ELECTRE I) en iyi kompozit olarak VK4 kompoziti belirlenmiştir. Uzlaşmacı yaklaşım yöntemi olan VIKOR yöntemine göre VK4 en iyi ikinci alternatif olarak seçilmiştir. VK3 kompoziti ise VIKOR yöntemine göre en iyi alternatif olurken TOPSIS ve ELECTRE I yöntemine göre en iyi ikinci alternatif olarak belirlenmiştir. VK4 ve VK3 kompozitlerinden sonra her üç yöntemde de en iyi 3. alternatif PK4 kompozit malzemesi olarak seçilmiştir. PK4 kompozitinin normal yük altındaki aşınma hızı VK4 kompozitiyle aynı fakat kayma sırasındaki aşınma hızı daha yüksek ve mukavemet özellikleri VK4'e göre daha düşüktür. Mekanik ve fiziksel özelliklere bakılarak da yapılan tercihin doğru olduğu görülmektedir. Elde edilen sıralama sonuçlarına bakıldığında genel olarak viskon kumaş içerikli kompozit malzemelerin polyester kumaş içerikli kompozit malzemelerden üstün olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Yapılan sıralama sonucunda en kötü alternatif olarak PK1 tipi kompozit belirlenmiştir. PK1 tipi kompozit en düşük yoğunluğa sahip olmasına rağmen düşük aşınma direnci ve düşük mukavemet özellikleri sebebiyle her 3 yöntemde de en kötü alternatif olarak sıralamanın sonunda yer almaktadır.

### SONUÇLAR

Bu çalışmada, aşınmaya dayanıklı yapısal bir uygulamada kullanılmak üzere değişik tipte kumaş ile farklı oranlarda YFC ve epoksi içeren 8 ayrı kompozit malzeme içerisinde en iyi olanının seçilmesi amaçlanmıştır. Kompozit malzemelerin yoğunluk, aşınma hızı, mikro sertlik, çekme mukavemeti, eğilme mukavemeti, kayma mukavemeti ve

darbe dayanımı gibi fiziksel ve mekanik özellikleri için literatürden yararlanılmıştır. ÇKKV tekniklerinden AHP yöntemiyle kriter ağırlıkları hesaplanıp ELECTRE I ve VIKOR yöntemleriyle kompozit malzemeler önceliklendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki TOPSIS metoduyla elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Bu sonuçlara göre viskon kumaş içerikli VK4 ve VK3 kompozitleri en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Her 3 yöntemde PK1 tipi kompozit malzemenin alternatifler arasında en kötüsü olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışma ile birlikte ayrıca malzeme seçimi yapmak için kullanılan ÇKKV yöntemlerinin anlaşılmasının kolay ve uygulanmasının basit olduğu görülmüştür. Birden fazla ÇKKV yönteminin kullanılması yapılan önceliklendirmenin güvenilirliğini artırmaktadır.

Gelecekteki çalışmalarda PROMETHEE, ARAS, CODAS, MULTIMOORA ve Bulanık (fuzzy) gibi farklı ÇKKV teknikleri kullanılarak eklemeli imalat, çarpışma uygulamaları, otomotiv uygulamaları gibi birçok alanda tasarım ve malzeme seçimlerinde uygulanması hedeflenmektedir.

## KAYNAKLAR

- Anojkumar, L., Ilankumaran, M., & Sasirekha, V. (2014). Comparative analysis of MCDM methods for pipe material selection in sugar industry. *Expert Systems with Applications*, 41(6), 2964-2980.
- Chatterjee, P., Athawale, V. M., & Chakraborty, S. (2009). Selection of materials using compromise ranking and outranking methods. *Materials & Design*, 30(10), 4043-4053.
- Chatterjee, P., Athawale, V. M., & Chakraborty, S. (2010). Selection of industrial robots using compromise ranking and outranking methods. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 26(5), 483-489.
- Chauhan, A., & Vaish, R. (2012). Magnetic material selection using multiple attribute decision making approach. *Materials & Design* (1980-2015), 36, 1-5.
- Dev, S., Aherwar, A., & Patnaik, A. (2020). Material selection for automotive piston component using entropy-VIKOR method. *Silicon*, 12(1), 155-169.
- Ertuğrul, İ., & Özçil, A. (2014). Çok kriterli karar vermede TOPSIS ve VIKOR sistemiyle klima seçimi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4 (1), 267-282.
- Girubha, R. J., & Vinodh, S. (2012). Application of fuzzy VIKOR and environmental impact analysis for material selection of an automotive component. *Materials & Design*, 37, 478-486.
- Hambali, A., Sapuan, S. M., Ismail, N., & Nukman, Y. (2010). Material selection of polymeric composite automotive bumper beam using analytical hierarchy process. *Journal of Central South University of Technology*, 17(2), 244-256.
- Jahan, A., Mustapha, F., Ismail, M. Y., Sapuan, S. M., & Bahraminasab, M. (2011). A comprehensive VIKOR method for material selection. *Materials & Design*, 32(3), 1215-1221.
- Kiong, S. C., Lee, L. Y., Chong, S. H., Azlan, M. A., & Muid Nor, N. H. (2013). Decision making with the analytical hierarchy process (AHP) for material selection in screw manufacturing for minimizing environmental impacts. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 315, pp. 57-62). Trans Tech Publications Ltd.
- Moradian, M., Modanloo, V., & Aghaiee, S. (2019). Comparative analysis of multi criteria decision making techniques for material selection of brake booster valve body. *Journal of Traffic and Transportation Engineering* (English Edition), 6(5), 526-534.
- Patnaik, P. K., Swain, P. T. R., & Purohit, A. (2019). Selection of composite materials for structural applications through MCDM approach. *Materials Today: Proceedings*, 18, 3454-3461.
- Rai, D., Jha, G. K., Chatterjee, P., & Chakraborty, S. (2013). Material selection in manufacturing environment using compromise ranking and regret theory-based compromise ranking methods: A comparative study. *Universal Journal of Materials Science*, 1(2), 69-77.
- Sen, B., Bhattacharjee, P., & Mandal, U. K. (2016). A comparative study of some prominent multi criteria decision making methods for connecting rod material selection. *Perspectives in Science*, 8, 547-549.
- Shanian, A. A., & Savadogo, O. (2006). A material selection model based on the concept of multiple attribute decision making. *Materials & Design*, 27(4), 329-337.



Soni, A., Gautam, D., & Dwivedi, A. (2018). Implementation of multi-criteria decision-making method for the selection of magnesium alloy to suit automotive application. *International Journal for Advance Research and Development*, 3(6), 4-12.

Venkataramaiah, P., Rohith, B., & MohanaReddy, P. (2012). Material selection for solar flat plate collectors using AHP. *Int. J. Eng. Res. Appl*, 2, 1181-1185.

Yaralıoğlu, K. (2001). Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Prosesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 16(1), 129-142.



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 02.08.2022  
Kabul Tarihi : 02.09.2022

Received Date : 02.08.2022  
Accepted Date : 02.09.2022

### THE EFFECT OF THERMIC POWER PLANT WASTE FLY ASH ON PROPERTIES OF PORTLAND CEMENT

### TERMİK SANTRAL ATIĞI UÇUCU KÜLÜN PORTLAND ÇİMENTOSUNA ETKİSİ

Şeyma YÜCETÜRK<sup>1\*</sup> (ORCID: 0000-0001-6343-9481)  
Yakup CUCİ<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0003-4318-9934)

<sup>1</sup> Fırat Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

<sup>2</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Şeyma YÜCETÜRK, seyma.yucetrk@gmail.com

#### ABSTRACT

Today, increasing environmental awareness, national and international environmental policies are in parallel and getting stricter. The Concrete sector is criticized and under spotlight for consuming a billion tons of natural resources and large amounts of energy and high emissions from cement production - especially CO<sub>2</sub>. These criticisms are tried to be resolved with alternative ways. Fly ash in concrete and cement production, with the use of industrial wastes with pozzolanic properties such as blast furnace slag and silica fume, more sustainable and more durable end products can be obtained. Fly ash, which is waste of coal-based thermal power plants, is easily accessible and it is one of the most used cement substitute materials due to its suitable fineness and chemical structure. With the appropriate use of fly ash, sufficient or even superior performance can be achieved in concrete. In this thesis study, the fly ash supplied from the thermal power plant will be substituted in CEM I 42.5 R cement at the rates of 0%-10%-20%-30% and will be subjected to various analysis studies determined in accordance with Turkish standards in the cement industry quality control laboratory. In this study, the physical, chemical and mechanical effects of fly ash on Portland cement were investigated by using fly ash from the Thermal Power Plant and CEM I 42.5 R cement together.

**Keywords:** Cement, fly ash, portland

#### ÖZET

Günümüzde artan çevresel bilince paralel olarak ulusal ve uluslararası çevresel politikalar giderek katılaşmaktadır. Her yıl milyarca ton tüketilen beton da bu çerçevede mercek altındadır. Sektör gerek büyük miktarda doğal kaynak ve enerji tüketmesi gerekse çimento üretimi kaynaklı - başta CO<sub>2</sub> olmak üzere - salınımların yüksek olması sebebi ile eleştirilmektedir. Bu eleştiriler alternatif yollar ile çözümlenmeye çalışılmaktadır. Beton ve çimento üretiminde uçucu kül, yüksek fırın cürufu, silis dumanı gibi puzolanik özellik gösteren endüstriyel atıkların kullanımı ile daha sürdürülebilir ve çevre koşullarına karşı daha dayanıklı nihai ürünler elde edilebilmektedir. Bahsi geçen atıklardan kömüre dayalı termik santrallerin yan ürünü olarak açığa çıkan uçucu küller gerek kolaylıkla ulaşılabilir olmaları, gerekse uygun inceliğe ve kimyasal yapıya sahip olmaları nedeniyle en fazla kullanılan çimento ikame malzemelerindedir. Uçucu küllerin uygun kullanımı ile betonda yeterli hatta daha üstün performans elde edilebilmektedir. Bu tez çalışmasında CEM I 42,5 R çimentosu içerisine Termik santralden tedarik edilen uçucu kül %0-%10-%20-%30 oranlarında ikame edilerek çimento Sanayi kalite kontrol laboratuvarında belirlenen çeşitli analiz çalışmalarına tabi tutulmuştur. Bu çalışmada Termik Santraline ait uçucu kül ve CEM I 42,5 R çimentosu ile birlikte kullanılarak uçucu külün portland çimentosuna fiziksel, kimyasal ve mekaniksel olarak etkisi araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çimento, uçucu kül, portland

ToCite: YÜCETÜRK, Ş., CUCİ, Y., (2022). THE EFFECT OF THERMIC POWER PLANT WASTE FLY ASH ON PROPERTIES OF PORTLAND CEMENT. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Özel Sayı), 98-105.

## INTRODUCTION

In addition to the main product, waste products arise in the production of electrical energy using ground coal as fuel or in obtaining many materials such as iron, steel and some metals produced for a specific purpose. In thermal power plants where low-calorie lignite coals are burned, as a result of the burning of powdered coal during electricity generation, micron-sized ash particles are formed, which are entrained by flue gases and prevented from being released into the atmosphere by being trapped with the help of electro filters. These ashes, which are volatile and industrial wastes, are called fly ash (UK) (Tokyay and Erdoğan, 1998).

The material properties of UK and other wastes indicate that some of them can be used in certain proportions in the construction industry. With the use of wastes, environmental problems are reduced, energy savings and economy are achieved, and the consumption of natural materials is also reduced. In addition, some waste products, due to their unique properties, are used for technical improvements and to obtain higher quality products. Among the wastes from different sources, the UK obtained from thermal power plants and blast furnace slag obtained in iron and steel production take the biggest place in terms of both quantity and usage possibilities (Erdoğan, 1993). Concrete is the most used building material in the world due to its low cost, high resistance to water, being able to be produced in the desired form, having high resistance to environmental factors and being made from easily accessible materials. Considering that approximately 12% of a typical concrete consists of portland cement, 8% of water and 80% of aggregate, the mineral admixture UK is generally used as a secondary binder in the production of mortar and concrete, replacing some of the cement at the rate of weight percent of portland cement. It is used as cement with additives or pre-mixed with cement. Another issue to consider is that the production of portland cement, which is the main binder of concrete, requires a high amount of raw materials and energy. In cement-based systems (such as plaster, mortar, concrete), the use of industrial wastes with pozzolanic properties such as fly ash, blast furnace slag, silica fume can minimize CO<sub>2</sub> emissions and reduce the need for natural resources and energy. Thus, cement-based systems can be produced more sustainably. Fly ash, which is released as a by-product of coal-based thermal power plants, is one of the most used cement substitute materials because of its easy accessibility, its ability to be used as a cement replacement material without the need for grinding, and its suitability for its chemical structures. Fly ash, which is a pozzolanic material, can find the required calcium hydroxide from the product released as a result of the hydration of the portland cement in the concrete in order to gain binding properties and can cause the formation of new calcium-silicate hydrate gels. Pozzolan; they are materials that contain siliceous and aluminous compounds, which are not binding on their own but gain binding property when combined with water and lime. Fly ash is an artificial pozzolan. With the appropriate use of fly ash, adequate or even superior technical performance can be achieved in concrete. For example, concretes containing fly ash generally have higher workability and lower hydration heats. Although the compressive strength of these concretes at early ages is lower than those that do not contain fly ash, their strength at later ages can reach almost the same and sometimes even higher levels. It is known that this type of concrete is more resistant to deterioration due to environmental factors (Gürsel and Meral, 2012; Alataş, 1996; Erdoğan and Parla, 1993).

The use of fly ash in the concrete and cement industry provides many economic, ecological and technical benefits by minimizing the environmental damage and storage costs of this product, which would otherwise be considered a waste. For this reason, researches on the role of pozzolans in the evaluation of waste, energy saving and economical improvement in concrete, improvement of concrete properties, and use in the production of high strength concrete are still continuing.

In this thesis, the effect of the use of fly ash, which is an industrial waste, as a binder material in concrete, on the properties was investigated. For this purpose, fly ash obtained from the thermal power plant was substituted into CEM I 42.5 R cement at the rates of 0%-10%-20%-30%. The physical, chemical and mechanical effect of fly ash on Portland cement was investigated by subjecting it to various analysis studies determined in the Cement Industry quality control laboratory.

## EXPERIMENTAL STUDY

### *Material and Method*

**Cement and Fly Ash:** In the study, CEM I 42.5 R Portland Cement (PC) produced in the cement industry was used and the fly ash supplied from the thermal power plant was substituted at the rate of 0-10-20-30%.

Sand and Water: In the study, Thrace CEN Standard sand ( $1350 \pm 5$ ) g prepared in accordance with TS EN 196-1 Standard was used. In the mixture, mains water from Kahramanmaraş province Narlı county was used and rested under laboratory conditions.

Prepared cements TS EN 196-6: Cement test methods Part 6 Determination of  $45 \mu\text{m}$  fineness and blaine in accordance with the fineness determination standard, particle size distribution analysis by granulometry device, TS EN 196-2: Cement test methods - part 2: chemical analysis of cement chemical analyzes according to the methods specified in the standard (reactive  $\text{SiO}_2$ , Insoluble residue, heating loss analyzes and oxide (XRF) analyzes) TS EN 196-3 +A1: Cement test methods - part 3: automatic vicat device in accordance with the standard for setting times and expansion determination, setting time and water/cement ratios were determined with vicat probe and needle (TSE, 2010).

TS EN 196-1: Cement test methods - Part 1: ambient temperature ( $20 \pm 2$ ) °C and relative humidity min. Weigh ( $450 \pm 2$ ) g of cement sample prepared under laboratory conditions of 50%. weigh Thrace CEN standard sand ( $1350 \pm 5$ ) g and ( $225 \pm 1$ ) g water. The weighed sample is mixed mechanically in an automatic mortar mixing device programmed in accordance with the mixing times given in the standard. After the mortar is prepared, a 3-compartment sample mold with dimensions of  $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 160 \text{ mm}$  is placed in the shock device and each compartment is filled with 300 g of mortar. By using a large spreader, it is ensured that the mortar is spread evenly with back and forth movements. Compressing is done by making 60 head drops per minute in the shock machine, which is automatically programmed in accordance with the standard. At the end of this period, the rest of the mortar is added on the first mortar and after it is spread evenly using a small spreader, the compaction process is completed by making 60 head drops per minute again. Immediately after the mortar is removed from the shock machine, the excess mortar is removed by holding the part of the mortar overflowing from the mold with a slight slope in the vertical and stripping direction using a metal gauge. The purpose of this process is to obtain a smoother surface. By covering the mold with a glass plate, the samples were kept at a temperature of ( $20.0 \pm 1.0$ ) °C and a relative minimum humidity. It is kept in the curing cabinet at 90% for 24 hours. The samples were cured in curing pools with a temperature of ( $20.0 \pm 1.0$ ) °C from the time of casting until they reach the 2 and 28 days strength age. After completing the 2 and 28 days curing periods, the prepared samples were subjected to the compressive strength test in an automatic pressure strength device programmed in accordance with the standard. In the study, the effect of substitution of UK to portland cement on its physical, chemical and mechanical properties was examined, and the findings of the study are given below (TSE, 2009).

### Chemical Analysis

XRF and chemical analyzes of the PC (Blank-Portland Cement), UK and UK substituted at 10-20-30% ratios in the PC used in the study are given in Table 1.

**Table 1.** XRF and Chemical Analyzes of PC (Blank-Portland Cement)-Fly Ash and Fly Ash Substituted into PC

Materials Name	PC (Blank)	UK	PC+10 UK	PC + 20 UK	PC + 30 UK
Parameters	%	%	%	%	%
Insoluble Residue	0.30	73.30	7.20	14.50	22.60
Loss of Ignition	3.30	0.60	3.15	2.70	2.50
$\text{SiO}_2$	19.17	58.58	23.07	26.89	31.04
$\text{Al}_2\text{O}_3$	4.80	21.34	6.47	8.08	9.76
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2.94	8.15	3.47	4.10	4.45
CaO	64.21	3.06	57.93	52.08	45.65
MgO	0.78	1.54	0.86	0.94	1.00
$\text{SO}_3$	2.79	0.29	2.59	2.44	2.17
Reactive Silica %	-	42.58	-	-	-

### Physical Analysis

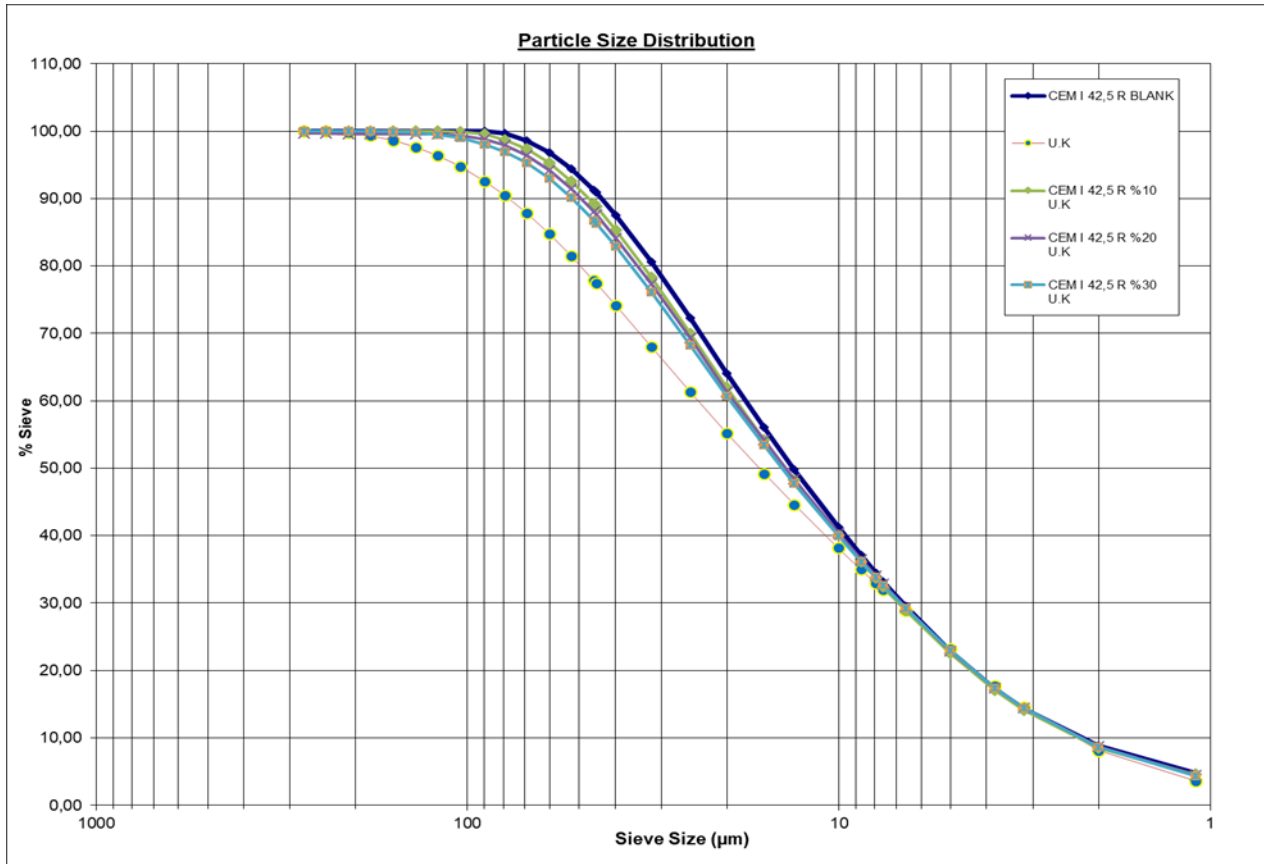
The particle size distribution of cement affects the properties of concrete such as strength, setting time and water requirement. In this study, fineness determination, Blaine determination and Granulometry determination (particle size distribution) were performed on PC (Blank), UK and PC+UK (10-20-30%) samples in accordance with the TS-EN 196-6 Standard, in Table 2- Table 3 and Figure 1 shows the results.

**Table 2.** Physical Analyzes of PC (Blank-Portland Cement)-Fly Ash and Fly Ash Substituted into PC

Parameters Materials Name	Particle Size Distribution 45µm	Specific Gravity cm <sup>3</sup> /g	Specific Surface g/cm <sup>3</sup>
PC (Blank)	6.3	3980	3.15
UK	16.9	3700	2.40
PC +10 UK	7.2	4060	3.09
PC + 20 UK	8.5	4230	3.05
PC + 30 UK	9.4	4430	3.01

**Table 3.** PSD Analyzes of PC (Blank-Portland Cement)-Fly Ash and Fly Ash Substituted into PC

CEM I 42,5 R,% FLY ASH PSD						
Number	Size (µm)	CEM I 42,5 R BLANK	CEM I 42,5 R % 10 U.K	CEM I 42,5 R %20 U.K	CEM I 42,5 R %30 U.K	U.K
1	275.423	100.00	100.00	99.69	100.00	100.00
2	239.883	100.00	100.00	99.63	100.00	99.98
3	208.93	100.00	100.00	99.59	100.00	99.75
4	181.97	100.00	100.00	99.59	100.00	99.30
5	158.489	100.00	100.00	99.59	99.92	98.61
6	138.038	100.00	100.00	99.59	99.76	97.63
7	120.226	100.00	100.00	99.55	99.46	96.35
8	104.713	100.00	99.93	99.35	98.97	94.75
9	90.000	99.96	99.56	98.77	98.08	92.60
10	79.433	99.72	98.74	97.90	96.99	90.49
11	69.183	98.60	97.35	96.39	95.29	87.82
12	60.256	96.86	95.31	94.25	93.03	84.79
13	52.481	94.40	92.60	91.45	90.17	81.45
14	45.709	91.26	89.24	88.05	86.77	77.87
15	45.000	90.86	88.82	87.63	86.35	77.45
16	39.811	87.50	85.32	84.15	82.90	74.12
17	32.000	80.60	78.29	77.30	76.13	68.03
18	25.179	72.26	69.98	69.32	68.26	61.37
19	20.000	64.07	61.96	61.35	60.69	55.15
20	15.887	56.06	54.23	54.21	53.39	49.20
21	13.183	49.84	48.29	48.43	47.75	44.60
22	10.024	41.24	40.10	40.38	39.95	38.17
23	8.710	37.08	36.15	36.47	36.18	34.99
24	7.962	34.53	33.72	34.06	33.84	32.99
25	7.586	33.19	32.44	32.79	32.61	31.93
26	6.607	29.51	28.90	29.28	29.19	28.92
27	5.024	22.92	22.53	22.92	22.94	23.15
28	3.802	17.33	17.05	17.41	17.43	17.69
29	3.170	14.33	14.08	14.39	14.38	14.49
30	2.000	8.83	8.57	8.71	8.61	8.13
31	1.096	4.74	4.53	4.51	4.39	3.64



**Figure 1.** PC (Blank-Portland Cement) and Particle Size Distribution Graph of UK Substituted into PC

**Mechanical Analysis**

In the cement industry quality control laboratory, setting time, standard consistency determination, volume expansion analysis according to TS EN 196-3 Standard and compressive strength analyzes in accordance with TS EN 196-1 standard were carried out on cement samples with PC and UK substitutes (10-20-30%). Analysis results are given in Table 4 and Table 5.

**Table 4.** Setting Time, Water Requirement and Volume Expansion of PC (Blank-Portland Cement) and UK Substituted into PC

Viewed Property Sample Type	Initial Setting Time (min.)	Final Setting Time (min.)	Water Requirement %	Volume Expansion mm
PC (Blank)	02:20	03:00	28.1	1
PC+ 10 UK	02:35	03:15	27.5	2
PC+ 20 UK	02:50	03:40	27.2	2
PC+ 30 UK	03:10	04:10	26.6	2

**Table 5.** The Effect of PC (Blank-Portland Cement) and UK Substituted in PC on the Compressive Strength

Parameters Sample Type	Day 1 (Mpa)	Day 2 (Mpa)	Day 7 (Mpa)	Day 28 (Mpa)	1 Day %Amount of Increase	2 Day %Amount of Increase	7 Day %Amount of Increase	28 Day %Amount of Increase
PC(Blank)	19.3	30.0	40.6	50.4	-	-	-	-
PC+ 10 UK	17.0	26.5	37.1	46.4	11.9	11.7	8.6	7.9
PC+ 20 UK	14.3	22.5	32.5	41.8	25.9	25.0	20.0	17.1
PC+ 30 UK	11.3	19.0	27.7	39.4	41.5	36.7	31.8	21.8

**Table 6.** Compressive Strength Results of PC (Blank-Portland Cement) and UK Substituted in PC according to Molds

Sample Name	Cement No	Day	PRESSURE STRENGTH (Mpa)				
			PRESSURE RESISTANCE ACCORDING TO MOLDS (Mpa)				
			1.Prism	2.Prism	3.Prism	4.Prism	Average
PC (Blank)	263	1	19.2	19.3			19.3
		2	29.8	30.1	29.6	30.5	30.0
		7	40.8	40.3			40.6
		28	50.6	50.0	50.4	50.5	50.4
PC+ 10 UK	264	1	16.9	17.0			17.0
		2	26.4	26.4	26.4	26.7	26.5
		7	37.3	36.8			37.1
		28	46.6	46.7	46.0	46.1	46.4
PC+ 20 UK	265	1	14.4	14.2			14.3
		2	22.2	22.7	22.2	22.8	22.5
		7	32.7	32.3			32.5
		28	41.6	42.5	41.8	41.4	41.8
PC+ 30 UK	266	1	11.4	11.1			11.3
		2	19.3	18.7	19.1	18.9	19.0
		7	27.8	27.5			27.7
		28	39.5	39.1	39.3	39.8	39.4
Room Temp (°C) / RH (%)	20 °C / 56.1						
Humidity Cabinet Temperature (°C) / RH (%)	20,1 °C / 97.1						
Tank Water Temp (°C)	20 °C						

## CONCLUSION AND EVALUATION

When the chemical composition of UK and PC given in Table 1 was examined in the study, it was observed that UK contained 58.58% SiO<sub>2</sub> and PC had a CaO content of 64.21%. When the chemical composition of the UK used is evaluated according to the TS EN 197-1 standard, it meets the minimum 25% reactive silica requirement and is classified as siliceous fly ash (V). When evaluated according to ASTM C 618 standard, S+A+F total is 88.07% (min. 70%), MgO content is 1.54% (max. 5%), SO<sub>3</sub> content is 0.29% (max. 5%), It has been determined that the Ignition Loss of 0.60% (Max. 12%) meets the requirements and it has been observed that the UK is class F fly ash. It was observed that the chemical structure of PC changed in this direction as the ratio of UK substituted into PC increased (TSE, 2013; ASTM C618, 2012).

When the physical analysis results of UK substituted into PC in the study, given in Table 2, were examined, it was observed that the grain size of PC was smaller than UK, and the specific surface area and specific gravity values were higher than UK. It was observed that the particle size and the specific surface area of the PC increased and the specific gravity value decreased as the UK added ratio increased by substituting 10-20-30% of UK into the PC, respectively. The specific surface is an average value. Although it is expected that the fineness will decrease as the specific surface increases, sometimes they have approximately the same specific gravity and the particle distribution may be different. UK specific gravity value is lower than PC. For this reason, it was observed that the specific gravity value decreased as the UK substitution ratio increased. In this study, when PC (Blank) was compared with PC+ 30% UK, the grain size value increased with 30% UK substitution, but also an increase in specific surface value was observed. Due to the low specific gravity of UK at 3.01 g/cm<sup>3</sup>, it was observed that the specific gravity value decreased with the addition of 30% UK.

In the study, the samples were prepared homogeneously with the Malvern Mastersizer 2000 model granulometry determination (particle size distribution) device and the size distribution of the particles in the range of 275-1  $\mu\text{m}$  was measured according to the laser diffraction method. According to the results given in Table 3, especially these ranges were examined since they have a greater effect on the strength in the 3.17-32  $\mu\text{m}$  range in the cement particle size distribution. According to these results, a comparison of the values of 3.17  $\mu\text{m}$  and 32  $\mu\text{m}$  with the specific surface and 45  $\mu\text{m}$  grain size values was made. Theoretically, as the specific surface (Blaine) increases, a decrease in the value of 3.17  $\mu\text{m}$  is expected, and in case of an increase in the grain size of 45  $\mu\text{m}$ , a decrease in the value of 32  $\mu\text{m}$  is expected. When the results given in Table 3 are examined, it has been observed that the 45  $\mu\text{m}$  grain size value and 32  $\mu\text{m}$  values confirm each other. When the particle size distribution graph (Figure 1) was examined, a homogeneous distribution was observed compared to the PC (Blank). In order to evaluate the cement quality and grinding performance in the cement industry quality control, the interpretation of the values obtained with the particle size distribution device, as well as the specific surface and particle size distribution methods, by comparing the results obtained with the existing methods, is of great importance in quality control studies.

Although there are factors such as temperature, grain size, amount of water and additives affecting the setting time of cement, it is said that the use of fly ash increases the setting time. The main reason for this is that fly ash does not have binding properties on its own, and it also reacts with calcium hydroxide released as a result of the hydration of the cement in order to gain binding properties. It was observed that the setting start and end times increased as the setting increased. In the PC (Blank) study, it has been determined that the setting start time is 140 minutes and the set end time is 180 minutes. Compared to this, with 10% UK substitution, the initial setting time of cement increased to 155 minutes and the set end time to 195 minutes. When the substitution rate is 20%, the setting start time for cement increased from 170 minutes to 220 minutes. When the substitution rate was 30% UK, it was observed that the set start time in cement increased from 190 minutes to 250 minutes. When the values obtained are evaluated according to the TS EN 197-1 standard, they are within the accepted limits. When the effect of UK on volume expansion and water requirement is examined, it has been observed that it increases the volume expansion compared to PC, and it is seen that it meets the maximum 10 mm requirement for all cement types in the TS EN 197-1 standard. It was observed that the water requirement decreased as the UK replacement rate increased. Due to the poor water absorption of the UK, the decrease in the water requirement as the UK substitution rate increases has met the expectation.

When the results of the compressive strength determination made are examined in Table 5, it has been determined that the compressive strength of PC 2 days is 30 MPa and the 28-day strength is 50.4 MPa. early strength min. 20 MPa, 28-day standard strength min. 42.5 MPa. It should be in the range of 62.5 MPa. It has been observed that the results obtained comply with the TS EN 197-1 Standard. (TSE, 2012) In this direction, the effect of UK on the strength was examined by substituting 10-20-30% of UK into the PC. According to the results of the study, it was observed that there was a loss of strength at the rate of 11.7% in the 2-day early strength compared to the Blank study when 10% UK was added, and this loss occurred at the rate of 8.6% and 7.9% at the 7 and 28 days. When the UK was replaced by 20%, a 25% loss of strength occurred in 2 days compared to the Blank study, while a 20%-17% loss of strength occurred at 7 and 28 days, respectively. When the UK was replaced by 30%, 36.7% strength loss was observed in 2 days compared to the Blank study, and 31.8%-21.8% strength loss was observed at 7 and 28 days, respectively. According to these results, it was observed that as the UK ratio increased, the early strengths decreased compared to the final strengths. This can be explained by the fact that the hydration reaction is slower than the PC.

When the results obtained are evaluated in general, requirements are given according to different strength classes (32.5, 42.5 and 52.5 MPa) and additive ratios within the scope of TS EN 197-1 Standard. It has been observed that when 10% UK is substituted in accordance with this standard, the 2-day early strength is 26.5 MPa and the 28-day strength is 46.4 MPa, and cement in the 42.5 strength class can be produced. When the strength results of cement samples with 20% and 30% replacement ratios are evaluated, it is seen that they can be produced in accordance with the lowest 32.5 MPa strength class.

As a result, the use of waste materials in cement is also beneficial to reduce environmental damage. While it is useful for the environment with reduced greenhouse gas emissions, especially with the reduction of clinical use, the reduction of the production and use of the linkages produced with high energy costs in the cement industry will also benefit from reducing water consumption for a more sustainable world.



Expanding the study of cement produced with fly ash, especially in order to observe its performance at later strength ages, analysis with SEM and X-Ray Diffractometer (XRD) method will be beneficial in terms of monitoring the effects on concrete in the long term.

## REFERENCES

- Alataş, T. (1996). Afşin – Elbistan Termik Santrali Uçucu Külünün Yol Stabilizasyonunda Çeşitli Malzemelerle Birlikte Kullanımı Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- ASTM C618. (2012). Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, Annual Book of ASTM Standards.
- Erdoğan, T.Y. (1993). Atık Malzemelerin İnşaat Endüstrisinde Kullanımı, Uçucu Kül ve Yüksek Fırın Cürufu, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara.
- Erdoğan, T.Y., & Parla, B. (1993). Yüksek-Kireçli Uçucu Küllerin Beton Basınç Dayanımları, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara.
- Gürsel, A. P., & Meral, Ç., (2012). Türkiye’de Çimento Üretiminin Karşılaştırmalı Yaşam Döngüsü Analizi. In 2. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (pp. 1–13). Urla-İzmir.
- Tokuyay, M.,& Erdoğan, K. (1998). Uçucu Küllerin Karakterizasyonu, TÇMB, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (TSE) (2010). Çimento deney metotları- Bölüm3: Priz süresi ve hacim genleşme tayini, TS EN 196-3, Ankara, Türkiye.
- Türk Standartları Enstitüsü (TSE) (2009). Çimento deney metotları-Bölüm 1: Dayanım tayini, TS EN 196-1, Ankara, Türkiye.
- Türk Standartları Enstitüsü (TSE) (2012). Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar-bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, TS EN 197-1, Ankara, Türkiye.
- Türk Standartları Enstitüsü (TSE) (2013). Çimento Deney Yöntemleri - Bölüm 2: Çimentonun Kimyasal Analizi, TS EN 196-2, Ankara, Türkiye.



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 16.08.2022  
Kabul Tarihi : 20.11.2022

Received Date : 16.08.2022  
Accepted Date : 20.11.2022

### FOTOVOLTAİK İNVERTERLER İLE REAKTİF GÜÇ OPTİMİZASYONU

### REACTIVE POWER OPTIMIZATION WITH PHOTOVOLTAIC INVERTERS

Sabri Murat KISAKÜREK<sup>1\*</sup> (ORCID: 0000-0002-8114-0341)

Mustafa ŞEKKELİ<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0002-1641-3243)

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Sabri Murat KISAKÜREK, mkisakurek@gmail.com

#### ÖZET

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimine artan yönelim sebebiyle elektrik dağıtım şebekelerinde özellikle fotovoltaik (PV) tabanlı kaynaklar olmak üzere dağıtık üretim santraller oldukça yaygınlaşmış ve bu santrallerin payı gün geçtikçe artmaktadır. Bu durumun şebeke üzerindeki etkileri üzerine çalışmalar günümüzde artan bir önem kazanmıştır. PV inverterlerin tasarımlarının doğası gereği belirli limitler kapsamında gerek kapasitif gerekse endüktif reaktif güç desteği verebilmektedirler ve bu inverterlerin reaktif güç kompensatörü olarak kullanılması, yatırım ihtiyacını azaltabilmektedir. Bu çalışmada, dağıtım şebekesindeki PV santrallerin reaktif güç limitleri göz önüne alınarak, şebekenin gerilim profilini iyileştirmek için alınması gereken reaktif güç desteğinin optimum miktarı hesaplanmasına yönelik Python tabanlı, Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritması geliştirilmiştir. Şebeke modelleme, analiz ve simülasyon için DİGSILENT PowerFactory şebeke analiz programı kullanılmış ve geliştirilen optimizasyon algoritması ile modellenen şebekeye, Python aracılığıyla bağlantılı gerekli analizler yapılmıştır. Çalışmada, PV santrallerden alınan reaktif güç desteğinin şebeke gerilim profiline olumlu etki ettiği gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fotovoltaik, parçacık sürü optimizasyonu, reaktif güç

#### ABSTRACT

Due to the increasing trend towards electricity generation from renewable energy sources in recent years, distributed generation plants, especially photovoltaic (PV) based sources, have become quite common in electricity distribution networks and the share of these plants is increasing day by day. Studies on the effects of distributed generation on the operation of the network have gained increasing importance today. Due to the nature of their design, PV inverters can provide both capacitive and inductive reactive power support within certain limits, and the use of these inverters as reactive power compensators can reduce the investment need. In this study, a Python-based Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm has been developed to calculate the optimum amount of reactive power support that should be taken to improve the voltage profile of the network, considering the reactive power limits of the PV plants in the distribution network. DİGSILENT PowerFactory network analysis program has been used for network modelling, analysis and simulation, and the connection between the network modeled and the optimization algorithm was provided via Python. It was observed that the reactive power support from PV plants has positive effects on the voltage profile of the network.

**Keywords:** Particle swarm optimization, photovoltaic, reactive power

ToCite: KISAKÜREK, S. M., & ŞEKKELİ, M., (2022). FOTOVOLTAİK İNVERTERLER İLE REAKTİF GÜÇ OPTİMİZASYONU. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Özel Sayı), 106-112.

## GİRİŞ

Fotovoltaik başta olmak üzere son yıllarda dağıtık üretim santrallerine olan ilginin artışı ile, bu santrallerin elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri üzerinde etkilerine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Genel bir kavram olarak “tüketimin olduğu yerde üretim” konsepti daha düşük teknik kayıp ve ideale yaklaştırılmış gerilim profili gibi şebekeyi daha iyi koşullarda çalışmasına yardımcı olabileceği gibi; iyi planlanmamış, şebekenin ihtiyacının çok altında veya çok üstünde dağıtım üretimin yapılması durumunda şebeke, olduğundan daha kötü koşullarda çalışabilmektedir. Bu durumlarda, şebekenin sürdürülebilir çalışma koşullarında çalışabilmesi için dağıtım sistemi operatörlerinin (DSO) yapması gereken yatırımı artırmaktadır. Bu yatırımlar arasında pratikte en fazla uygulananlar, mevcut hatların akım taşıma kapasitesi yüksek hatlar ile değiştirilmesi, şebekeye yeni hatlar/bağlantılar eklenmesi ve kapasitörler aracılığıyla reaktif güç kompanzasyonudur. Fotovoltaik inverterlerin reaktif güç üretme veya çekme kabiliyetlerinin olması, ihtiyaç duyulan kompanzasyon çalışmalarının bu inverterler aracılığıyla yapılmasına ve işletme maliyetinin azaltılmasını sağlayabilmektedir.

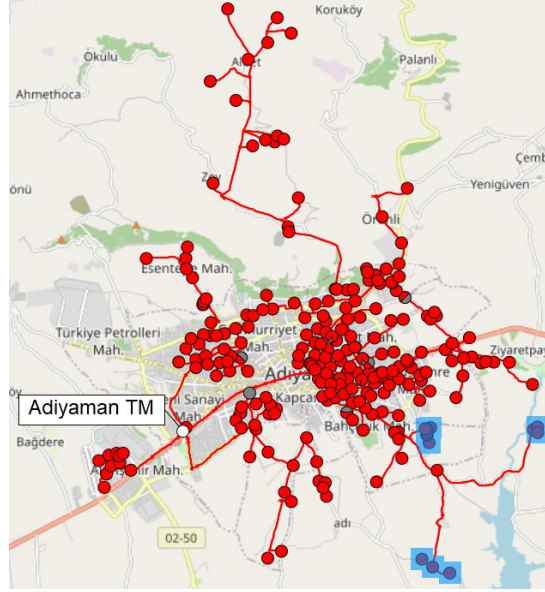
Türkiye’deki mevcut mevzuata göre (Dağıtım Yönetmeliği Madde 13-(1); Şebeke Yönetmeliği Madde 20-(2)), 30 MW kapasitenin altında olan ve dağıtım sistemine OG seviyeden bağlı lisanslı ve lisanssız PV santrallerin reaktif güç destek zorunluluğu bulunmamaktadır. Dağıtım sistemine bağlı üretim santrallerinin reaktif güç destek zorunluluğu olmaması nedeniyle, PV santraller genellikle güç faktörü 1 değerinde çalışmakta ve inverterlerin tüm kapasitesini aktif güç üretmek için kullanılmaktadır. Ancak bu santrallerden alınabilecek reaktif güç desteği lokal olarak reaktif güç sorununun çözülmesine ve şebekenin daha ideal durumlarda çalışmasına katkı sağlayacaktır.

Türkiye gibi henüz birçok ülkede dağıtım sistemine bağlı lisanssız üretim tesislerinin reaktif güç desteği yönetmelikler ile belirlenmemiş olmasına rağmen dağıtık üretim santrallerine olan ilginin artışı, bu santrallerden sağlanacak reaktif güç desteği ile şebeke kaybının azaltılmasına veya gerilimin düzenlenmesine yönelik yapılan teorik çalışmalara hız kazandırmıştır (Almeida, Pasupuleti & Ekanayake, 2021; Kabiri vd., 2015; Weckx, Gonzalez & Driesen, 2014; Cagnano vd., 2011). Ancak, gerilim iyileştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar tek bir PV santral üzerinden PV santralin PCC noktası üzerindeki gerilimin takibi ile yapılmış ve şebekenin genel gerilim profili göz ardı edilmiştir.

Bu çalışmada, dağıtım sistemine bağlı PV santrallerin her birinin inverterlerinden optimum düzeyde alınabilecek reaktif güç desteği ile şebekenin genel gerilim profilinin iyileştirilmesini hedefleyen Python tabanlı oluşturulmuş Parçacık Sürü Optimizasyonu algoritması ve bu algoritmanın şebeke modelleme ve analiz için kullanılan DIgSILENT PowerFactory uygulaması ile entegrasyonu açıklanmıştır. Oluşturulan algoritmada santralin mevcut aktif güç üretiminde bir kısıtlama yapılmamış ve inverterlerden sağlanabilecek reaktif güç limitleri göz önüne alınmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, ülkemizin Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinin dağıtım sistemi operatörü olan AKEDAŞ’ın Şekil 1’de tek hat şeması verisi verilen Adıyaman TM-Şehir 1 fideri üzerinde analizler yapılmıştır. Şebekede toplam 11.792 GW kurulu gücünde 12 adet PV santral bulunmaktadır ve PV’lerin konumları şekil üzerinde işaretlenmiştir. PV’lerden alınması gereken optimum düzeydeki reaktif güç desteğinin hesaplanmasında Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) yöntemine dayalı Python tabanlı bir algoritma geliştirilmiş ve geliştirilen algoritma, şebeke modelleme ve analiz için kullanılan DIgSILENT PowerFactory uygulaması ile entegre edilmiştir. Aşağıdaki bölümlerde PSO algoritması ve algoritmanın Python kodu aracılığı ile projenin PowerFactory modeli üzerinde entegrasyonu açıklanmıştır.



Şekil 1. Adiyaman TM Şehir 1 Fideri Tek Hat Şeması

### Parçacık Sürü Optimizasyonu

Parçacık sürü optimizasyonu (PSO), belirli bir kalite ölçüsüne göre aday bir çözümü yinelemeli olarak iyileştirmeye çalışarak bir sorunu optimize eden bir hesaplama yöntemidir (Kennedy & Eberhart, 1995). Bir problemi, parçacıklar olarak adlandırılan bir aday çözümler popülasyonuna sahip olarak ve bu parçacıkları arama uzayında basit matematiksel formüle göre parçacığın konumu ve hızı üzerinde hareket ettirerek çözer. Her parçacığın hareketi, yerel olarak en iyi bilinen konumundan etkilenir, ancak aynı zamanda, diğer parçacıklar tarafından daha iyi konumlar buldukça güncellenen, arama uzayındaki en iyi bilinen konumlara doğru yönlendirilir. Böylelikle sürüyü en iyi çözümlere doğru hareket ettirmektedir.

Parçacık sürü optimizasyonunun temel elemanları aşağıda listelenmiştir:

- **Parçacık:** Hız ve konum bileşenlerine sahip olan ve iteratif olarak bu bileşenleri kendisinin ve diğer parçacıkların konumuna göre güncelleyen elemandır. Parçacık sayısı ile optimum sonuca ulaşma arasında doğru, sonuca ulaşma hızı arasında ters orantı vardır.
- **Uygunluk fonksiyonu:** Optimum çözümü bulmak için kullanılan hedef fonksiyondur.
- **Yerel en iyi:** Parçacığın ziyaret edilen tüm konumları arasında en iyi konumdur. Bu değer iteratif süreç boyunca değişmektedir.
- **Küresel en iyi:** Mevcut iterasyona kadar tüm parçacıklar tarafından ziyaret edilen konumlar arasında en iyi uygunluğun elde edildiği konumdur. Bu değer iteratif süreç boyunca değişmektedir.
- **Hız güncellemesi:** Hız, parçacığın hızını ve yönünü belirleyen bir vektördür. Hız güncelleme denklemi PSO'nun farklı varyasyonlarına göre değişiklik gösterebilmektedir (Del Valle vd., 2008). Orijinal PSO'nun hız güncelleme denklemi Denklem (1)'deki gibidir.
- **Konum güncellemesi:** Tüm parçacıklar, optimum uygunluk için en iyi konuma doğru hareket etmeye çalışır. PSO'daki her parçacık, küresel optimumu bulmak için konumlarını günceller. Konum güncelleme denklemi de PSO'nun türüne göre değişebilmektedir. Orijinal PSO'nun konum güncellemesi Denklem (2)'de verilmiştir.

$$V_i(t + 1) = V_i(t) + C_1 * r_1 * (Y_{best} - X_i(t)) + C_2 * r_2 * (K_{best} - X_i(t)) \quad (1)$$

$$X_i(t + 1) = X_i(t) + V_i(t + 1) \quad (2)$$

Denklemlerde,  $V_i$  i. parçacığın hızını,  $X_i$  i. parçacığın konumunu,  $t$  mevcut iterasyon sayısını,  $Y_{best}$  parçacığın yerel en iyi konumunu,  $K_{best}$  sürünün mevcut iterasyona kadarki küresel en iyi konumunu,  $r_1$  ve  $r_2$   $[0,1]$  arasında her iterasyonda yeniden oluşturulan random değerleri ve  $C_1$  ve  $C_2$  öğrenme faktörlerini temsil etmektedir. Orijinal PSO'da  $C_1$  ve  $C_2$  iterasyon öncesinde sabit bir değer olarak oluşturulup iterasyon süresince değiştirilmezken PSO'nun bazı çeşitlerinde bu değer iterasyon boyunca güncellenmektedir. Yapılan çalışmalarda öğrenme faktörleri  $C_1 = C_2 = 2$ 'nin hızlı bir çözüm için ideal olduğu bulunmuştur (Zhan & Zhang, 2009).

Parçacık sürü optimizasyonunun genel akış şeması kodu şöyledir:

```
Sürünün, rastgele konum ve hız değerleri ile başlatılması
İterasyon sayısınca döngü {
    Parçacık sayısınca döngü {
        Uygunluğun hesaplanması
        Uygunluk değeri, mevcut en iyi uygunluk değerinden ( $Y_{best}$ ) daha iyi ise
        {
             $Y_{best}$ 'in yeni  $Y_{best}$  ile güncellenmesi
        }
    }
    Tüm parçacıklardan en iyi uygunluk değerine sahip parçacığın  $K_{best}$  olarak seçilmesi
    Parçacık sayısınca döngü {
        Parçacık hızının Denklem (1)'e göre güncellenmesi
        Parçacık konumunun Denklem (2)'ye göre güncellenmesi
    }
}
```

### ***DIgSILENT Entegrasyonu***

DIgSILENT PowerFactory, Python tabanlı kod ile uzaktan şebeke modeline erişim ve model üzerinde değişiklik veya analizler yapıp her bir ekipmanın parametrelerini, analiz sonuçlarını alma kabiliyeti olan bir şebeke modelleme ve analiz programıdır. Bu bölümde PowerFactory programında oluşturulmuş şebeke modeline Python aracılığıyla erişim ve optimizasyon algoritmasının şebeke üzerindeki PV'lere uygulanması kod parçacıkları yardımıyla açıklanacaktır.

Öncelikle Şekil 2'de olduğu gibi kullanılan PowerFactory sürüm ve versiyonunu işletim sistemi yoluna eklenmeli ve powerfactory modülü içe aktarılmalıdır. Ardından uygulama ve kullanıcı objeleri alınıp proje aktive edilmelidir.

```
python_release = str(sys.version_info[0]) + "." + str(sys.version_info[1])
pf_path = "C:\Program Files\DIgSILENT\PowerFactory 2021 SP2"
os.environ["PATH"] = pf_path + ";" + os.environ["PATH"]
py_pf_path = pf_path + "\\Python\\" + python_release
sys.path.append(str(py_pf_path))
import powerfactory as pf
app = pf.GetApplication()
user = app.GetCurrentUser()
cont_prj = app.ActivateProject("PROJECT NAME")
```

**Şekil 2.** PowerFactory Projesinin Python Aracılığıyla Aktivasyonu

Proje aktive edildikten sonra projenin içinden gerekli olan obje ve ekipmanlar Şekil 3'teki gibi okunup kodun ilerleyen bölümlerinde değişiklik yapmak için tutulur. Bu çalışma doğrultusunda analizin yapılacağı saati ayarlamak için gerekli olan çalışma saati ayarlama objesi, yük akışı gerçekleştirmek için yük akışı objesi, PV'lerin reaktif güç üretim değerlerini değiştirmek için şebekedeki PV ekipmanlar ve yük akışı analizleri sonrası şebekedeki gerilim profilini elde etmek için şebekedeki baraları okumak yeterlidir.

```
study_time = app.GetStudyTimeObject() # Çalışma saati objesi
oLoadflow = app.GetFromStudyCase('ComLdf') # Yük akışı objesi
PVs = app.GetCalcRelevantObjects('*.ElmPvsys') # Şebekedeki PV'leri okuma
terms = app.GetCalcRelevantObjects('*.ElmTerm') # Şebekedeki baraları okuma
```

Şekil 3. Projeden Gerekli Objeleri / Ekipmanları Alma

Gerekli obje ve ekipmanları tutuktan sonra PV'lerden optimum reaktif güç desteğinin bulunması için çalıştırılacak olan PSO algoritmasının uygunluk fonksiyonu ve parçacıkların random olarak başlatılması kod parçasığı Şekil 4'te verilmiştir. Burada önemli olan nokta parçacıkların rastgele olarak oluşturulurken PV'lerin reaktif güç destek limitleri belirlenmelidir (Albarracín & Alonso, 2013) ve bu parçacıkları oluştururken bu limitler göz önüne alınmalıdır. Uygunluk fonksiyonu ise şebekedeki bara gerilimlerinin ideale (tüm bara gerilimlerinin 1 p.u. olması) yakın olmasıdır. Dolayısıyla uygunluk fonksiyonunda yük akışı sonrası terminallerin gerilimi okunarak 1 p.u.'e olan uzaklıkları toplanarak Denklem 3'teki gibi gerilim sapma endeksi hesaplanmıştır.

```
def fitness(position):
    # Şebekedeki PV'lerin reaktif güç üretimi değerlere hesaplanan konum değerlerinin atanması
    j = 0
    for PV in PVs:
        PV.qgini = position[j] * PV.sgn # p.u. değerlerden gerçek değerlere dönüşüm (sgn=PV'nin kurulu gücü)
        j += 1
    oLoadflow.Execute() # Yük akışı analizi
    # Gerilim sapma endeksinin (Voltage violation index) hesaplanması
    VVI = 0
    for terminal in terminals:
        VVI += abs(getattr(terminal, 'm:u') - 1) # m:u baranın gerilim değerini p.u. olarak okumaktadır
    return VVI
class Particle:
    def __init__(self, fitness, dim, minQ, maxQ):
        # Parçacığın konumunun random olarak başlatılması
        self.position = [random.uniform(minQ[i], maxQ[i]) for i in range(dim)]

        # Parçacığın hızının random olarak başlatılması
        self.velocity = [random.uniform(minQ[i]/10, maxQ[i]/10) for i in range(dim)]

        # Parçacığın uygunluk değerinin hesaplanması
        self.fitness = fitness(self.position)
```

Şekil 4. PSO Algoritması Uygunluk Fonksiyonu ve Parçacıkların Oluşturulması

$$VVI = \sum |V_{bara} - 1| \quad (3)$$

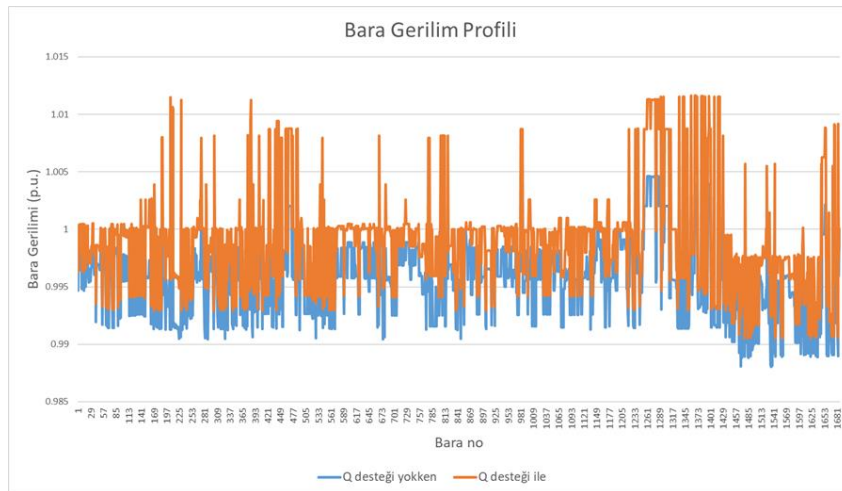
Uygunluk fonksiyonu belirlendikten sonra, şebeke gerilim profilini iyileştirmek için şebekedeki her bir PV'den alınması gereken reaktif güç desteğinin belirlenmesi için bir önceki bölümde genel akış şeması ve Şekil 5'te kodu paylaşılan PSO algoritması çalıştırılır.

```
def pso(fitness, max_iter, n, dim, minx, maxx):  
    swarm = [Particle(fitness, dim, minx, maxx) for i in range(n)] # n parçacıklı sürünün random olarak oluşturulması  
    # Sürüdeki en iyi parçacığın ve uygunluk değerinin bulunması  
    for i in range(n):  
        if swarm[i].fitness < best_swarm_fitnessVal:  
            best_swarm_fitnessVal = swarm[i].fitness  
            best_swarm_pos = copy.copy(swarm[i].position)  
    Iter = 0  
    while Iter < max_iter: # PSO algoritmasının ana döngüsü  
        for i in range(n): # Her bir parçacık için hız ve konum değerlerinin güncellenmesi  
            for k in range(dim): # dim: parçacığın boyutu (bu problem için PV sayısı)  
                r1 = rnd.random()  
                r2 = rnd.random()  
                swarm[i].velocity[k] = swarm[i].velocity[k] +  
                    (c1 * r1 * (swarm[i].best_part_pos[k] - swarm[i].position[k])) +  
                    (c2 * r2 * (best_swarm_pos[k] - swarm[i].position[k]))  
            for k in range(dim):  
                swarm[i].position[k] += swarm[i].velocity[k]  
            swarm[i].fitness = fitness(swarm[i].position)  
            # Yerel en iyinin belirlenmesi  
            if swarm[i].fitness < swarm[i].best_part_fitnessVal:  
                swarm[i].best_part_fitnessVal = swarm[i].fitness  
                swarm[i].best_part_pos = copy.copy(swarm[i].position)  
            # Küresel en iyinin belirlenmesi  
            if swarm[i].fitness < best_swarm_fitnessVal:  
                best_swarm_fitnessVal = swarm[i].fitness  
                best_swarm_pos = copy.copy(swarm[i].position)  
        Iter += 1 # bir sonraki iterasyon  
    return best_swarm_pos, best_swarm_fitnessVal
```

Şekil 5. PSO Algoritması

## BULGULAR

PSO tabanlı şebeke gerilim profilini iyileştirmek için PV'lerden alınması gereken optimum reaktif güç algoritması, test edilen fiderin trafo merkezinden reaktif güç çektiği ve uzun hatlar üzerinde akan bu reaktif gücün fider uç noktalarında şebeke gerilim profilini azaltıcı etki yaptığı bir saatte test edilmiştir. Seçilen çalışma durumunda, şebekedeki PV'lerden reaktif güç desteği yokken ve her bir PV'den alınması gereken optimum reaktif güç desteği ile yük akışı analizleri gerçekleştirilmiş ve her iki durumda ortaya çıkan gerilim profili Şekil 6'daki gibidir. Şekilden de görüldüğü gibi fiderin ihtiyaç duyduğu reaktif gücün trafo merkezi yerine PV inverterlerden alınması her ne kadar PV santral PCC noktası ve yakınındaki merkezlerin gerilimlerinin 1 p.u.'dan biraz uzaklaşmasına yol açsa da şebekenin genel gerilim profilini 1 p.u.'ya yaklaştırmakta ve fider uç noktalarındaki gerilim düşümü sorununu çözmektedir.



Şekil 6. Optimizasyon Öncesi ve Sonrası Şebeke Gerilim Profili

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye’de henüz şebekeye orta gerilim seviyesinden bağlı küçük ölçekli dağıtık üretim santrallerinin reaktif güç zorunlulukları olmamasına rağmen bu durum yönetmeliklerle düzenlenir ise dağıtım sistemi operatörleri şebekenin gerilim profili istenilen seviyeden uzak olduğunda PV inverterlerden reaktif güç desteği olarak şebeke gerilim profilini iyileştirebilirler. İhtiyaç duyulan kompanzasyonun inverterler aracılığıyla yapılması, kompanzasyon yatırımlarının azalmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca fiderin ihtiyaç duyduğu reaktif gücün en yakın PV santral tarafından çözülmesi fiderin trafo merkezinden çektiği/ trafo merkezine verdiği reaktif gücü azaltarak trafo merkezinin iletim sisteminden aldığı reaktif gücü azaltacaktır. Dolayısıyla, dağıtık üretim santrallerinden alınacak reaktif güç desteği, trafo merkezinin belirlenen reaktif güç sınırlarını aştığı zaman TEİAŞ’ın dağıtım sistemi operatörüne uyguladığı reaktif güç cezasından kurtulmasına yardımcı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Albarracin, R., & Alonso, M. (2013, May). Photovoltaic reactive power limits. In 2013 12th International Conference on Environment and Electrical Engineering (pp. 13-18). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EEEIC.2013.6549630>
- Almeida, D., Pasupuleti, J., & Ekanayake, J. (2021). Comparison of Reactive Power Control Techniques for Solar PV Inverters to Mitigate Voltage Rise in Low-Voltage Grids. *Electronics*, 10(13), 1569. <https://doi.org/10.3390/electronics10131569>
- Cagnano, A., De Tuglie, E., Liserre, M., & Mastromauro, R. A. (2011). Online optimal reactive power control strategy of PV inverters. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 58(10), 4549-4558. <https://doi.org/10.1109/TIE.2011.2116757>
- Del Valle, Y., Venayagamoorthy, G. K., Mohagheghi, S., Hernandez, J. C., & Harley, R. G. (2008). Particle swarm optimization: basic concepts, variants and applications in power systems. *IEEE Transactions on evolutionary computation*, 12(2), 171-195. <https://doi.org/10.1109/TEVC.2007.896686>
- Kabiri, R., Holmes, D. G., McGrath, B. P., & Meegahapola, L. G. (2015). LV grid voltage regulation using transformer electronic tap changing, with PV inverter reactive power injection. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 3(4), 1182-1192. <https://doi.org/10.1109/JESTPE.2015.2443839>
- Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995, November). Particle swarm optimization. In Proceedings of ICNN'95-international conference on neural networks (Vol. 4, pp. 1942-1948). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICNN.1995.488968>
- Türkiye Dağıtım Yönetmeliği Madde 13- (1)
- Türkiye Şebeke Yönetmeliği Madde 20-(2)
- Weckx, S., Gonzalez, C., & Driesen, J. (2014). Combined central and local active and reactive power control of PV inverters. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 5(3), 776-784. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2014.2300934>
- Zhan, Z. H., Zhang, J., Li, Y., & Chung, H. S. H. (2009). Adaptive particle swarm optimization. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 39(6), 1362-1381. [10.1109/TSMCB.2009.2015956](https://doi.org/10.1109/TSMCB.2009.2015956).





# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 19.08.2022  
Kabul Tarihi : 26.11.2022

Received Date : 19.08.2022  
Accepted Date : 26.11.2022

### THE CAESAREA GERMANICIA (?) ARCHAEOGEOLOGICAL INVESTIGATIONS

### CAESAREA GERMANICIA (?) ARKEOJEOFİZİK ARAŞTIRMALARI

Oktay DUMANKAYA<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0001-9007-0536)

Özcan BEKTAŞ<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0001-5232-4654)

Sinan KOŞAROĞLU<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0003-0274-9317)

Aydın BÜYÜKSARAÇ<sup>3\*</sup> (ORCID: 0000-0002-4279-4158)

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Arkeoloji Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup> Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

<sup>3</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çan MYO, Çanakkale, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Aydın Büyüksaraç, absarac@comu.edu.tr

#### ABSTRACT

The ruins in Dulkadiroğlu (Kahramanmaraş) are thought to belong to Caesarea Germanicia in the Roman Period. Research and excavations carried out in the region have revealed that the spread of archaeological remains is more than 150ha. Presence of Byzantine, Seljuk and Ottoman Period ceramics as well as Roman Period cultural remains indicates an uninterrupted settlement in the research area. Archaeogeophysics provide information about location, depth and dimensions without damaging the archaeological remains. Detailed search of the mosaic-based structure on the settlement plan, which was unearthed through illegal excavations, was carried out along 6 profiles with the GPR measurements. GPR depth maps containing four important reflection hyperbolae were created by comparing the results both among themselves and with the existing surface conditions. It is thought that three of these reflections belong to the remains of archaeological structures that started at a depth of about 20 cm, and one of them originated from a metal pipe. It was determined that GPR reflections belonged to wall remains of Villa Rustica from Early Byzantine Period or to a Roman bath and a metal pipe. One of the ceramic sherds found shows that this structure was reused in the Middle Byzantine Period (11-13th century AD).

**Keywords:** Caesarea Germanicia, archaeology, archaeogeophysics, ground penetrating radar

#### ÖZET

Dulkadiroğlu (Kahramanmaraş)'nda bulunan kalıntıların Roma Dönemi'nde kurulan Caesarea Germanicia'ya ait olduğu düşünülmektedir. Bölgede gerçekleştirilen araştırma ve kazılar, arkeolojik kalıntıların yayılımının 150 hektardan fazla olduğunu ortaya koymuştur. Roma Dönemi kültür kalıntılarının yanısıra Bizans, Selçuklu ve Osmanlı Dönemi seramik parçalarının bulunması, araştırma alanında kesintisiz bir yerleşimi göstermektedir. Arkeojeofizik yöntemler, arkeolojik kalıntılara zarar vermeden kalıntıların konumu, derinliği ve boyutları hakkında bilgi vermektedir. Kaçak kazılarla günyüzüne çıkarılan yerleşim planı üzerindeki mozaik temelli yapının detaylı araması Yerradarı (GPR) ölçümleriyle 6 profil boyunca gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar hem kendi aralarında hem de mevcut yüzey koşulları ile karşılaştırılarak dört önemli yansıma hiperbolü içeren GPR derinlik haritaları oluşturulmuştur. Bu yansımalarından üçünün yaklaşık 20 cm derinlikte başlayan arkeolojik yapı kalıntılarında ait olduğu, bir tanesinin ise metal bir borudan kaynaklandığı düşünülmüştür. GPR yansımalarının Erken Bizans Dönemi'ne ait Villa Rustica'nın duvar kalıntıları veya bir Roma hamamı ile metal bir boruya ait olduğu

ToCite: DUMANKAYA, O., BEKTAŞ, Ö., BÜYÜKSARAÇ, A. & KOŞAROĞLU, S., (2022). CAESAREA GERMANICIA (?) ARCHAEOGEOLOGICAL INVESTIGATIONS. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Özel Sayı), 113-121.

belirlenmiştir. Bulunan seramik parçalardan biri, bu yapının Orta Bizans Dönemi'nde (MS. 11-13. YY) yeniden kullanıldığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Caesarea Germanicia, arkeoloji, arkeojeofizik, yer radarı

## INTRODUCTION

The remains unearthed in the Dulkadiroğlu district, one of the central districts of Kahramanmaraş, are thought to belong to Caesarea Germanicia, which was founded in the Roman Period (Figure 1). It was revealed that the spread of archaeological remains is more than 150 hectares, during the research and excavations carried out by the Kahramanmaraş Museum (under the scientific consultancy of Assoc. Prof. Dr. Oktay DUMANKAYA) in the region, Although the concentration of Roman Period cultural remains in the research and excavations was remarkable, the discovery of Byzantine, Seljuk and Ottoman Period ceramic pieces indicates an uninterrupted settlement in the research area for centuries (Dumankaya, 2018a; Dumankaya, 2018b; Dumankaya, 2019; Akyol, Ok, and Dumankaya, 2021; Ok and Dumankaya, 2022).

In 2009, a mosaic floor belonging to the Roman Period was unearthed in the Namık Kemal Neighbourhood of Dulkadiroğlu district, on block 445, parcel number 20. However, there is a dense settlement in the designated archaeological reserve areas and this situation necessitated expropriations to carry out the excavations. However, the expropriation period covers an average of 2-4 years, which makes it difficult to conduct scientific research. For this reason, it is aimed to determine the possible archaeological cultural remains in the area by using the archaeogeophysical method without any archaeological excavation. In 2019, it was decided to carry out ground penetrating radar (GPR) as a geophysical survey to determine the spread area of the building remains on the aforementioned islands and parcels (Figure 2).

It can be followed from national and international publications that the geophysical methods applied in different parts of the world to date have been quite successful in archaeological searches. The applications made in our country have ensured the establishment of a strong link between engineering and archaeology, and the concept of Arche geophysics has developed. It is practiced all over the world as a very common solution to examine archaeological sites without damaging them and to use the findings in excavation planning. In our country, generally positive results have been obtained in geophysical studies applied in archaeological areas and findings have been reached in the targeted areas. The archaeological wealth of our country dates back to ancient times. In this sense, in the studies carried out in Anatolian lands, which give a laboratory image, findings belonging to different archaeological periods have been reached. As a result of the archaeogeophysical studies carried out in Çanakkale Assos Ancient City, the existence of many building remains was determined and archaeological excavation areas were determined (Kaya et al., 2004). During the geophysical studies carried out in the Harmanören Necropolis in Gündürle, Isparta, pithos tombs dating back to 2500 BC were found and the pitos obtained after the excavations started to be exhibited in the Isparta Museum (Büyüksaraç et al., 2006). After magnetic measurements made in Dedemezari Necropolis in Bayat, Afyon, different types of tombs dated to the 2nd millennium BC were identified (Arısoy et al., 2007; Büyüksaraç et al., 2008). As a result of the geophysical studies carried out in Sivas Divrigi Castle, traces of settlement were found in the castle (Büyüksaraç et al., 2011). After the studies carried out in the ancient city of Parion in the Biga District of Çanakkale province, many grave remains were unearthed in the suggested places in the necropolis area (Ekinci and Kaya, 2007; Ekinci, Kaya, and Demirci, 2007; Ekinci et al., 2012). As a result of different geophysical methods applied in the ancient settlement of Nif Mountain (Olympos), where different cultures were settled in Western Anatolia, rock tombs and pithos tombs were obtained and information about burial customs was obtained (Büyüksaraç et al., 2013). The graves of the soldiers who were martyred in the 1915 Çanakkale War on the Gallipoli Peninsula of Çanakkale between 2011 and 2013 were conducted with geophysical methods consisting of ground penetrating radar (GPR), magnetic and electrical resistivity methods (Büyüksaraç et al., 2014). Different geophysical methods were applied in the ancient city of Amorium in Afyon Emirdağ and the locations of possible ancient ruins were mapped (Kaya et al., 2007; Ekinci et al., 2014). Keber Tepe, City Hill of Doliche, Commagene (Gaziantep, SE Turkey) was surveyed using ground penetrating radar (GPR) and electric resistivity tomography (ERT) by Balkaya et al. (2021). Widespread areal battle traces, trenches and martyr graves of the Sakarya Pitched Battle were uncovered and mapped by archaeogeophysical studies, and necessary studies were initiated to protect these areas (Koşaroğlu et al., 2022).



**Figure 1.** (a) Caesarea Germanica (?)'s Location in the Eastern Mediterranean, (b) Caesarea Germanica (?) 3rd Degree Archaeological Site Boundary, (c) and (d) Detail Photos from the Roman Bath (modified from Ok and Dumankaya, 2022).

Archaeogeophysical studies carried out in the above-mentioned various ancient cities and settlements have made significant contributions to the determination of archaeological cultures before archaeological excavations and have enabled significant savings in both time and excavation costs. In the same direction, this study was carried out in order to investigate the possible presence of remains in the study area, which is thought to be the remains of the ancient city of Caesarea Germanicia, and thus to decide whether to carry out excavations before the long and costly excavations.



**Figure 2.** Area of Ground Penetration Radar Study.

## MATERIAL AND METHOD

Ground Penetrating Radar (GPR) method is a high-frequency electromagnetic method consisting of transmitter and receiver units propagating at a certain frequency. The GPR method is based on the principle of recording electromagnetic waves of different frequencies sent underground through the transmitting antenna by reflecting from different structures in the ground by the receiving antenna on the surface and measuring the total time elapsed during this propagation, and the traces are recorded as a function of time (Van der Kruk and Slob, 2000). GPR method can be performed with fixed frequency antennas as well as new generation antenna systems using wide band frequency range. In this study, Mala Easy Locator Pro Wide Range (80-950 MHz) wide band system was used. The data processing steps and parameter values applied to the data set with wide band gap are given in Table 1.

**Table 1.** Data Processing Parameters Applied to Raw GPR Data.

Data processing parameters	Values
Antenna Base Frequency	625 MHz HDR (80-950 MHz)
Beginning cut-off time	7.0 ns
Time cut-off	50 ns
Dewow	8/1ns
Energy Delay	0.512
Average Subtraction	51/1
Band pass filtering	250/500/750/1000 MHz
Migration	7/0.1ns

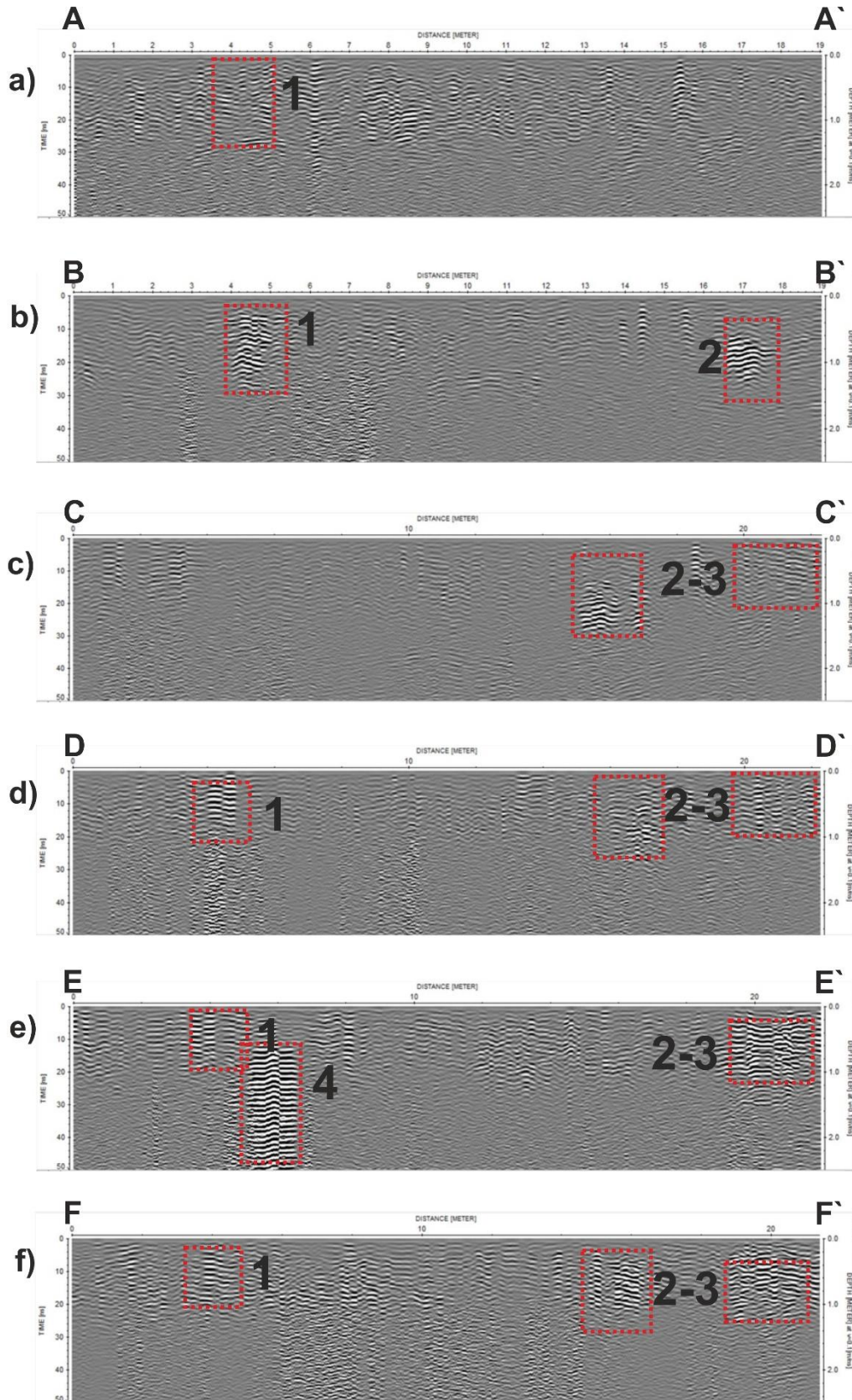
GPR measurements were carried out to determine the nature of the mosaic-based structure on block-445, which were previously unearthed through illegal excavations, and the parcels it extends to (Figure 3). GPR measurements were performed along 6 profiles with 1 m interval. The measurements taken were evaluated in the reflexw software and made ready for interpretation by applying the data processing steps including dewow, time-zero correction, bandpass filtering, average subtraction, and f-k-migration given in Table 1.



**Figure 3.** Survey Plan of GPR Profiles.

## RESULTS

GPR sections obtained from measurements along 6 profiles are given in Figure 3. When the GPR sections given in Figure 4 were examined, 4 important reflections belonging to the archaeological remains and one important reflection thought to belong to the current underground reinforcement were found and these reflections are given by numbering. In addition, 3D depth sections were created by combining the Ground radar profiles taken along 6 profiles, and structures thought to belong to archaeological remains were marked in these sections.



**Figure 4.** Interpretation of Ground Penetrating Radar Sections for a) Profile 1, b) Profile 2, c) Profile 3, d) Profile 4, e) Profile 5, f) Profile 6.

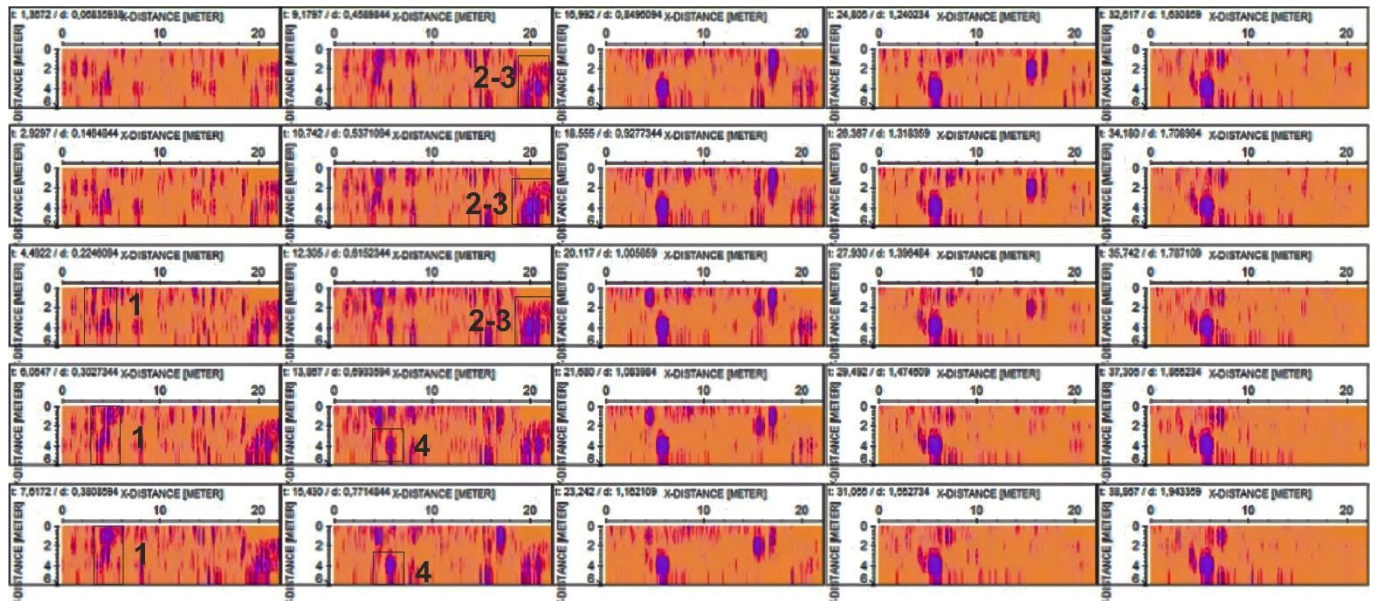


Figure 5. 3D GPR Depth Slices. d Which Shown on Every Slice is Depth Values.

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In this study, Measurements of Ground Penetrating Radar (GPR) were performed along 6 profiles. The obtained results were compared both each other and the existing surface conditions, and GPR depth maps were created. When the 2 and 3 dimensional GPR depth sections given in Figures 4 and 5 were examined, 4 important reflections were found. It was interpreted that three of reflections belong to the remains of archaeological structures and one of them originated from metal material (probably pipe) and excavation was suggested. The remains identified because of the archaeological excavations are given in Figure 6. The reflections, which were considered as archaeological remains determined because of GPR measurements, were found to be compatible with the findings obtained as a result of the excavation.

As a result of the 2019-2020 archaeological excavations, it was seen that the reflections determined in the GPR sections belong to the Early Byzantine Period Villa Rustica, which we date to the 5-6<sup>th</sup> century AD, or to the wall remains of a Roman Bath (Anomaly-1) and a metal pipe (Anomaly-4). Another important data detected in GPR measurements is the remains of other walls (Anomalies 2 and 3) that cut parallel to the building walls and extend in different directions (Figure 6). As a result of the excavations, these walls are from 5-6<sup>th</sup> century AD. It was understood that it belonged to another structure with mud-tempered rubble stone walls, different from the Early Byzantine Period structure that we dated to the 5-6<sup>th</sup> century. The ceramic pieces found during the excavations and dated to the 11<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> centuries indicate that this structure was reused in the Middle Byzantine Period (Dumankaya, 2019; Akyol et al., 2021; Ok and Dumankaya, 2022; Dumankaya, Akdağ, and Yıldırım, 2022).

In the GPR reflections, it was determined that the east-west oriented walls extend out of the block-445 20<sup>th</sup> and 3<sup>rd</sup> parcels where archaeological excavations were carried out. However, the fact that the buildings that have not been expropriated are located on these parcels prevents the exact determination of the spread area of the building remains. In addition, a crucial point that draws attention here is that the metal pipe passes through the middle of the ancient building remains. Because considering the elevation of the metal pipe, it is not possible to pass the pipe without destroying the mosaic floor. In this case, it is thought that the ancient period building remains were ignored in the determination of the water line through which the metal pipe will pass, and it may have been deliberately destroyed by the Kahramanmaraş Municipality teams of the period. The indifference of both the people living in the region and the state institutions has led to the increasing destruction of cultural remains. On the one hand, scientists and the Ministry of Culture and Tourism carry out studies with the sensitivity of protection and transfer to future generations, on the other hand, Vandalism and indifferent approaches of local people and local governments are an ironic situation. GPR studies continue on different blocks and parcels within the borders of the ancient city. The fact that the study area is located in a dense residential pattern cannot be understood whether the reflections belong to ancient ruins or today's structures, and it needs to be confirmed by excavations. For this reason, it is not possible to reach a definitive judgment before the excavations are completed in the study areas. It is aimed to

determine the borders and structures of the ancient city Caesarea Germanicia exactly with the archaeological excavations.



**Figure 6.** Archaeological Remains Unearthed as A Result of Excavation.

### Acknowledgements

This article was presented as a paper at the International Symposium on Advanced Engineering Technologies (ISADET 2022). This article is supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit (BAP) of Kahramanmaraş Sütçü İmam University 2020/6-19 M. it was prepared within the scope of project number. We would like to thank the KSU Scientific Research Projects Coordination Unit for their contributions.

### Conflict of Interest

No conflict of interest was declared by the authors.

### REFERENCES

- Akyol, A.A., Ok M., and Dumankaya, O. (2021). Caesarea Germanicia (?) Geç Roma Seramiklerinin Arkeolojik ve Arkeometrik İncelemeleri. Arkeolojik Küçük Buluntular Pişmiş Toprak, Metal, Kemik, Cam ve Taş Eserler, Ed.Dumankaya, O., Doruk Yayınları, Ankara, 394-424. ISBN: 978-975-553-918-8
- Arısoy, M.Ö., Koçak, Ö., Büyüksaraç, A., and Bilim, F. (2007). Images of buried graves in Bayat, Afyon (Turkey) from high resolution magnetic data and their comparison with preliminary excavations. *Journal of Archaeological Science*, 34 (9), 1473-1484. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.11.005>
- Balkaya, Ç., Ekinçi, Y.L., Çakmak, O., Blömer, M., Arnkens, J., and Kaya, M.A. (2021). A challenging archaeogeophysical exploration through GPR and ERT surveys on the Keber Tepe, City Hill of Doliche, Commagene (Gaziantep, SE Turkey). *Journal of Applied Geophysics*, 186, 104272. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2021.104272>



- Büyüksaraç, A., Bilim, F., Ateş, A., and Bektaş, Ö. (2006). Investigation of magnetic surveying data of buried grave jars in Harmanoren Necropolis (Turkey) using linear transformations and analytic signal. *Journal of Archaeological Science*, 33 (7), 910-920. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.10.022>
- Büyüksaraç, A., Arısoy, M.Ö., Bektaş, Ö., Koçak, Ö., and Çay, T. (2008). Determination of grave locations in Dedemezari Necropolis Using Magnetic Field Derivatives. *Archaeological Prospection*, 15 (4), 267-283. <https://doi.org/10.1002/arp.338>
- Büyüksaraç, A., Eser, E., Bektaş, Ö., Akay, B., and Koşaroğlu, S. (2013). Surface Geophysical Investigations and Preliminary Excavations at the Divriği Citadel, Sivas (Turkey). *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 13 (1), 119-126.
- Büyüksaraç, A., Sayılır, B., Yalçiner, C.Ç., Bektaş, Ö., Kurban, Y.C., and Topçu, M.İ. (2014). Geophysical Investigation of Buried Cannons in Kumkale (Dardanelles), Turkey. *Journal of Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 14 (1), 291-299.
- Dumankaya, O. (2018)a. Room and Corridor Mosaics from the Ancient City of Germanicia and its Iconographic Assessment. *Journal of Mosaic Research*, 11, 9-27. <https://doi.org/10.26658/jmr.471758>
- Dumankaya, O. (2018, November)b. Kayıp Kent Germanicia: Lokalizasyon Problemleri Üzerine Bir Değerlendirme. In 2018 Uluslararası Antik Çağ Döneminde Maraş Sempozyumu (pp. 289-302).
- Dumankaya, O. (2019). Kayıp Kent Germanicia: Lokalizasyon Problemleri Üzerine Yeni Gözlemler. *Atatürk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Dergisi*, 66, 409-434. <https://doi.org/10.14222/Turkiyat4245>
- Dumankaya, O., Akdağ, Ç. and Yıldırım, Ü. (2022). 2019 ve 2020 Yılı Germanicia Kazı Çalışmaları, 2019-2020 Yılı Kazı Çalışmaları, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Ana Yayın No: 3714/3, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Ana Yayın No: 192(3), (pp. 457-468), Ankara.
- Ekinci, Y.L. and Kaya, M.A. (2007). 3D resistivity imaging of buried tombs at the Parion Necropolis (NW Turkey). *Journal of the Balkan Geophysical Society*, 10 (2), 1-8.
- Ekinci, Y.L., Kaya, M.A. and Demirci, A. (2007, September). Electric Resistivity Tomography Investigation at the Ancient Site of Parion (Northwest Turkey). In 2007 13th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, P40.
- Ekinci, Y.L., Kaya, M.A., Başaran, C., Kasapoğlu, H., Demirci, A., and Durgut, C. (2012). Geophysical Imaging Survey in the South Necropolis at the Ancient City of Parion (Kemer-Biga), Northwestern Anatolia, Turkey: Preliminary Results. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 12 (2), 145-157.
- Ekinci, Y.L., Balkaya, Ç., Şeren, A., Kaya, M.A., and Lightfoot, C. (2014). Geomagnetic and Geoelectrical Prospection for Buried Archaeological Remains on the Upper City of Amorium, a Byzantine city in Midwestern Turkey. *Journal of Geophysics and Engineering*, 11 (1), 015012. <https://doi.org/10.1088/1742-2132/11/1/015012>
- Kaya, M.A., Uluggerli, E., Karlık, G., Kaya, C., Ekinci, Y.L., Akca, İ., Doğan, M., and Gündoğdu, Y. (2004, December). Assos (Ayvacık, Çanakkale) Antik Kentinde Arkeojeofizik Uygulamalar (DAÖ, VLF-EM ve GEORADAR). In 2004 16. Türkiye Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi, (pp. 411-414).
- Koşaroğlu, S., Kamacı, Z., Erdoğan, S., Bektaş, Ö., and Büyüksaraç, A. (2022). Determination of historical graves by ground penetrating radar method: Sakarya Field Battle (August 23 – September 13, 1921, Turkey). *Australian Journal of Forensic Sciences*, 54(6), 842-860. <https://doi.org/10.1080/00450618.2021.1921270>
- Ok, M., and Dumankaya, O. (2022). Caesarea Germanicia'nın Seramik Ticaretine Dair İlk Kanıtlar: Roma Dönemi Kırmızı Astarlı Seramikleri / First Evidence on the Ceramic Trade of Caesarea Germanicia: Roman Red Slip Ware. *OANNES-Uluslararası Eskiçağ Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 4 (1), 99-139. <https://doi.org/10.33469/oannes.1025597>
- Van der Kruk, J. and Slob, E.C. (2000, May). The influence of the soil on reflections from above surface objects in GPR data. In 2000 8<sup>th</sup> International Conference on Ground-penetrating Radar Proceeding, (pp. 453-457).



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 10.08.2022  
Kabul Tarihi : 21.09.2022

Received Date : 10.08.2022  
Accepted Date : 21.09.2022

### EKİNÖZÜ (KAHRAMANMARAŞ) İLÇESİNİN EKONOMİK GELİŞİMİNE JEOLJİK ÖZELLİKLERİNİN KATKISI

### CONTRIBUTION OF ITS GEOLOGICAL FEATURES TO THE DEVELOPMENT OF EKİNÖZÜ DISTRICT

Sait Şahin<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0003-4115-7461)  
Alican Kop<sup>2\*</sup> (ORCID: 0000-0002-1420-4042)  
Yusuf Uras<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0001-5561-3275)

<sup>1</sup> Northwest University, Institute of Middle East Studies, Shanxi Xian, People's Republic of China

<sup>2</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Alican KOP, alican@ksu.edu.tr

#### ÖZET

Kahramanmaraş ili Ekinözü ilçesinin tarihi Roma ve Bizans imparatorluğuna kadar uzanmaktadır. 1563 yılında yazılan Osmanlı Maraş tahrir defterinde Ekinözü ilçesi "Celâ" Nergele nahiyesi ismiyle anılmaktadır. İlçe tarihten günümüze bölgede çıkan doğal maden sularıyla bilinmektedir. Ekinözü ilçesinin coğrafi özellikleri ve jeolojik özellikleri göz önüne alındığında maden suları ve yeraltı madenleri yönüyle oldukça zengin bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Fakat bölgesel problemlerden dolayı bu maden suyu ve madenlerin ekonomiye kazandırılmasında zorluklarla karşılaşmaktadır. Son yıllarda sağlık turizmi amacıyla bölgeye gelen turist sayısında ciddi düşüşler yaşanmaktadır. Maden sularının özellikleri ve faydaları yeterince bilinmemektedir. Bölgede çıkarılan demir madeni işletmeye uygun kalitede olmasına rağmen özel firmalar karşılaştıkları problemler nedeniyle üretimlerini durdurmak zorunda kalmışlardır. Bu makalenin amacı ve önemi Ekinözü ilçesinin coğrafi sorunlarını tespit etmek, bölgedeki yer altı zenginliklerinin verimliliğini araştırılarak ülke ve bölge ekonomisine kazandırılmasında karşılaşılan temel problemlere çözüm önerisinde bulunmaktır. Araştırmada nitel veri toplama yöntemiyle bölgesel problemler tarihsel, coğrafi ve sosyo-ekonomik boyutlarıyla ele alınmıştır. Maden suyunun ve maden cevherlerinin fiziki özellikleri ve laboratuvar sonuçlarının bilimsel olarak değerlendirilmesi için nicel veri toplama yönteminden faydalanılmıştır. Bu yönüyle araştırma sadece Ekinözü ilçesini ele alan ilk özgün araştırma olma özelliğine sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekinözü, ekonomi, demir cevheri, Kahramanmaraş, maden suyu.

#### ABSTRACT

The history of Ekinözü district of Kahramanmaraş province dates to the Roman and Byzantine empires. In the Ottoman Maras census book written in 1563, district is referred to as "Celâ" Nergele the district has been known from history to the present day with its natural mineral waters. Considering the geographical features and geological characteristics of Ekinözü, it is seen that it is quite rich in terms of mineral waters and underground mines. However, due to regional problems, difficulties are encountered in bringing these mineral waters and mines into the economy. In recent years, there has been a serious decrease in the number of tourists coming to the region for health tourism. Although the iron ore extracted in the region is of suitable quality for operation, private companies had to stop their production due to the problems they encountered. Research regional problems were handled with their historical, geographical and socioeconomic dimensions by means of qualitative data collection method. Quantitative data collection method was used for the scientific evaluation of the physical properties and laboratory results of mineral water and mineral ores. The research is an original research that only deals with the district of the region.

**Keywords:** Ekinözü, economy, iron ore, Kahramanmaraş, mineral water

## GİRİŞ

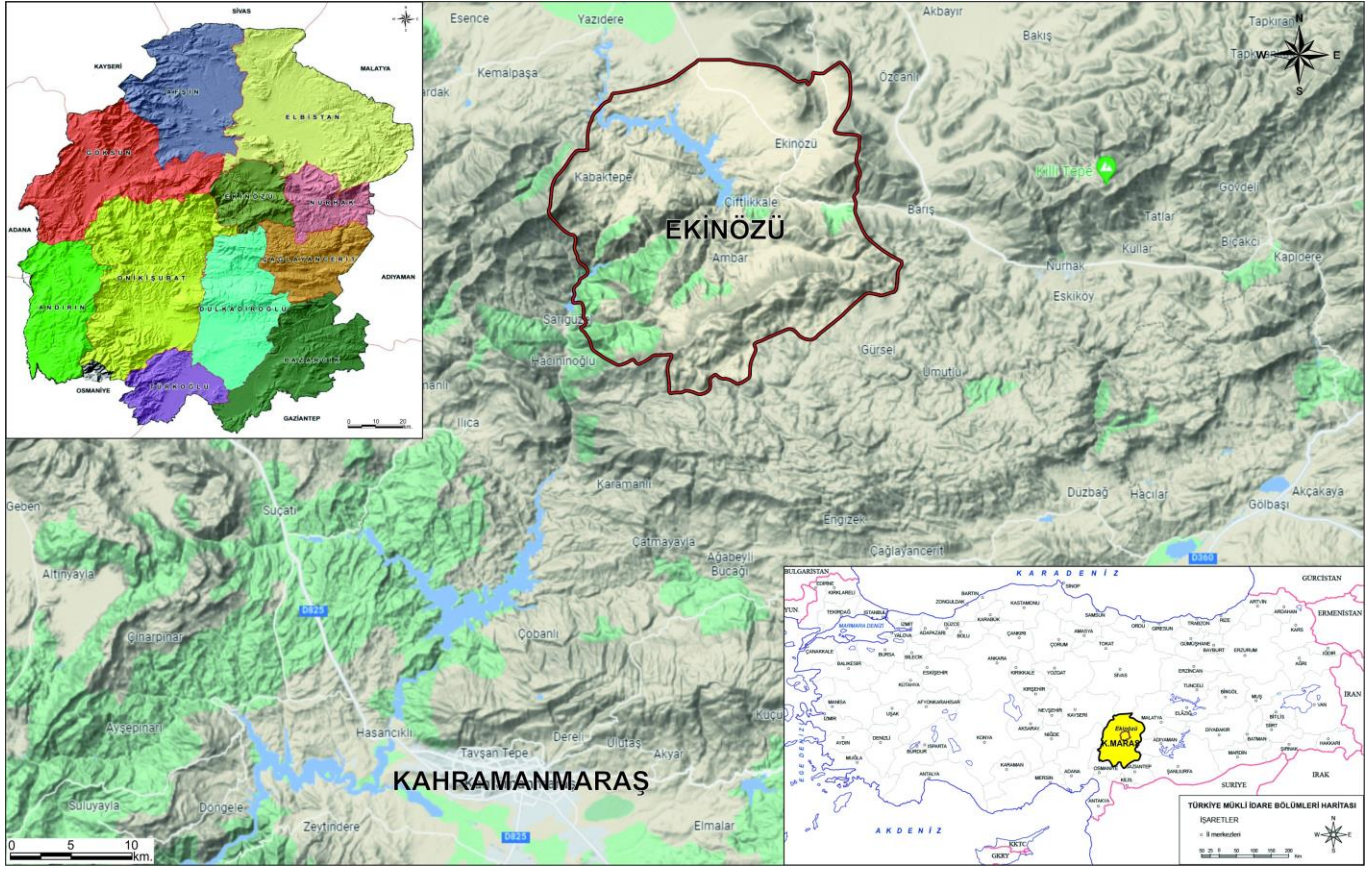
Kahramanmaraş ilinin önemli ilçelerinden biri olan Ekinözü coğrafik konum olarak 38.0728 (K) enlem, 37.17771 (D) boylamında ve Kahramanmaraş kent merkezinin kuzeydoğusunda yer almaktadır. 274.350 m<sup>2</sup>'lik yüzölçüme sahip olan ilçede rakım 600 ile 2814 m arasında değişmektedir. Ekinözü ilçesine ulaşım karayollarının yeni açmış olduğu tünel ve yollar sayesinde Kahramanmaraş merkeze 123 km'ye kadar düşmüştür. İlçede İç ve Doğu Anadolu iklim etkileri gözlenmekte olup, genel olarak karasal iklim hâkimdir. Bu nedenle ilçede kışların soğuk ve karlı, yazların ise serin ve kurak geçtiği görülmektedir. Son yıllarda bölgede yapılan barajların iklimi yumuşatıcı etkisi söz konusudur.

Ekinözü doğuda Nurhak, batıda Göksun, kuzeyde Elbistan ilçeleri, güneyde ise Kahramanmaraş ili merkezi ile komşu konumdadır (Şekil 1). İlçe, Kahramanmaraş ilinin en önemli yükseltilerinden Engizek Dağı'nın hemen kuzeyinde, Berit Dağı'nın ise güneydoğusunda yer almaktadır. Genel olarak doğu-batı yönünde bir uzanım sunan Engizek Dağı, 2814 metrelik bir zirveye sahiptir ve yükselti doğuya doğru giderek azalmaktadır. Engizek Dağı'nda genel olarak Malatya metamorfiklerine ait rekristalize kireçtaşı ve mermerler yüzeylemeler sunmaktadır. İlçenin batı sınırından Ceyhan Nehri akmaktadır. Doğusunda Salavan Dağı, batısında Koç Dağı, kuzeyinde Kabak tepe, güneydoğusunda Berit ve güneyinde Engizek Dağları bulunan ilçe, morfolojik açıdan Güneydoğu Toroslar içerisinde yer alan bu dağların arasındaki bir çöküntü üzerinde kurulmuştur. Morfolojik özellikleri ve Akdeniz ile İran-Turan flora bölgeleri arasındaki geçiş kuşağında bulunması nedeniyle ilçe zengin bir bitki örtüsüne sahiptir.

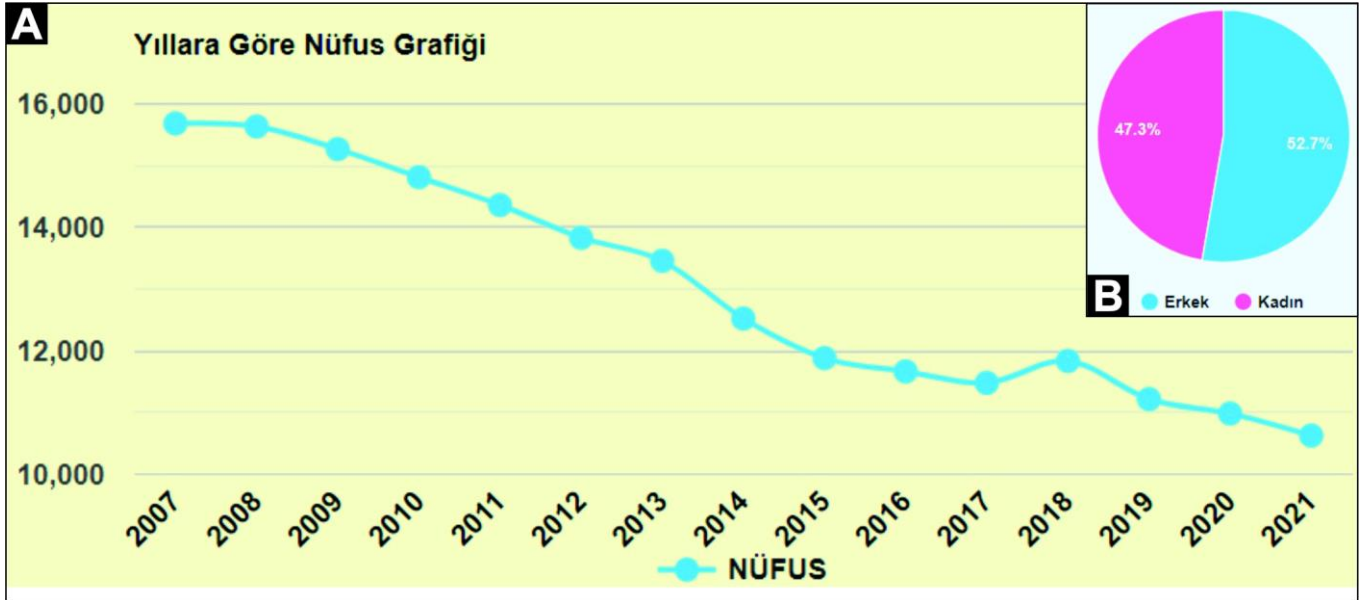
Ekinözü, kendisine bağlı 17 köy 77 mezrası ile 629 kilometre alana yayılmış verimli tarım arazilerine sahiptir. Aynı zamanda Ekinözü'nden geçen Nergele ve Ceyhan nehirleri birçok barajı besleyen nadir bulunan temiz akarsulardandır. Elbistan ilçe sınırlarından doğan Ceyhan nehri 10'dan fazla barajı besleme kapasitesine sahip nadir tatlı su kaynaklarındandır. Oldukça büyük miktarlarda tarım alanına sahip olan Ekinözü ilçesi ve civarında ekonomi büyük oranda tarım ve hayvancılığa dayalıdır (Doğaka, 2020). Toplam 21 mahallesi bulunan Ekinözü ilçesi, kendisine 15 km mesafede bulunması nedeniyle Elbistan ilçesi ile etkileşim içerisinde. Ekinözü ilçesi Yukarı, Aşağı ve Orta içme olarak adlandırılan üç ayrı kaynaktan çıkan zengin mineralli doğal maden suları ile tüm Türkiye'de tanınmaktadır. Yaz aylarında başta doğu ve güneydoğu yörelerimiz olmak üzere yurdun her tarafından ziyaretçiler bu bölgeye gelmektedir. Maden suyunu içme kürüyle başta böbrek ve mide olmak üzere birçok hastalıklara şifa aradıkları bir bölgedir (Doğaka, 2020).

Yıllardır süregelen bölgesel problemler ve iş sahası azlığı nedeni ile Ekinözü ilçe halkı büyük şehirlere göç etmek zorunda kalmıştır. Bu nedenle, 1990 yılında 21.633 kişi olan ilçe nüfusu, sonrasında sürekli bir düşüş eğilimine girerek en son 2021 yılında 5028 (%47.3)'i kadın, 5603 (%52.7)'ü ise erkek olmak üzere toplam 10.631 kişiye inmiştir (Şekil 2). Bu göç ve nüfustaki azalma ilçedeki genç nüfus oranının da neredeyse yok denecek şekilde azalmasına ve böylece çiftçilik ve hayvancılık gibi geleneksel Türk tarım faaliyetlerinin de yapılamaz noktaya gelmesine neden olmuştur. Bu durum ayrıca bölgenin mevcut ekonomik konumunun ve kalkınmasının olumsuz yönde etkilenmesini sağlamıştır.

Ekinözü bölgesel tektonik konum açısından Arap ve Anadolu levhalarının üst Kretase'de başlayan çarpışması ile oluşan kenet kuşağı üzerinde yer almaktadır. Bu dönemde etkin olan K-G yönlü kompresyonel rejim bölgede birçok kırılma, kırılma, bindirme ve sürüklenmelerin meydana gelmesini sağlamıştır. Buna bağlı olarak, Paleosen sonunda bölgede büyük bindirme ve sürüklenim kuşakları oluşmuştur. Ekinözü ve çevresinde temeli çoğunlukla şistlerden oluşan Paleozoik yaşlı metamorfikler oluşturmaktadır. Nergile formasyonu olarak adlandırılan metamorfik kayaç topluluğuna ait yüzeylemeler Aşağı içmeler Mevkii civarında gözlenmeye başlayıp, kuzeydoğuda Celâ deresi ve yer yer de Nergele deresi çevresine kadar uzanmaktadır. Metamorfik seri albit, kuvars, serizit, şist, biotit, muskovit ve kuvarsitlerden oluşmakta olup, Nergele deresi güneyinde ayrıca gnayslara da rastlanmaktadır (Gökalp,1972). Bölgede yüzeyleyen kayaçların litolojik özellikleri nedeniyle Ekinözü ilçesinde başta doğal mineralli sular olmak üzere birçok farklı madeni görmek mümkündür.



Şekil 1. Çalışma Alanının Yerbulduru Haritası



Şekil 2. Ekinözü İlçesinin A) 2007-2021 Yılları Arası Nüfus Değişim Grafiği, B) Kadın Erkek Nüfus Oranı Grafiği

Termal sular ilk çağlardan beri yerleşim alanlarının belirlenmesinde önemli bir etken olmuştur ve bu sular içme, kullanma ve şifalı su olarak kullanılmışlardır (Öztürk & Bayat, 2011). Jeotermal kaynaklar ve doğal mineralli sular kanunlarının üçüncü maddesine göre: yerkabuğunun farklı derinliklerinde, uygun jeolojik şartlarda doğal olarak oluşan bir veya daha fazla kaynaktan yeryüzüne kendiliğinden çıkan ya da çıkartılan, mineral içeriği ve diğer bileşenleri ile tanımlanan; tedavi, şifa amaçlarıyla da kullanılan içmece suyu, şifalı su ve benzeri adlarla anılan soğuk ve sıcak doğal sulardır (Ögenler-Oya & Okuyaz, 2017). Ekinözü ilçesinin sahip olduğu en önemli ekonomik değeri olan termal kaynakların ilk olarak MÖ 1500'li yıllarda kullanılmaya başladığı bilinmektedir. Bu tarihlerdeki keşfinden sonra Ekinözü İçmeleri çağlar boyunca insanlık için şifa kaynağı olarak kullanılmıştır. Ekinözü'nde ortaya

çıkan maden suyu içmek suretiyle tüketilmesinin yanı sıra, asitli kil oluşumu vücuda sürerek cilt hastalıklarının tedavisi için de kullanılmaktadır. Yine bölgeye has tedavi yöntemlerinden olan maden suyunun ısıtılarak banyo yapılmasının, iç hastalıkları ve deri hastalıklarına iyi geldiği bilinmektedir. Orta içmelerde bulunan Peliod kil çamuru ülkemizde alternatif tıp tedavi yöntemi olarak doktorlar tarafından cilt hastalıklarına tavsiye edilmektedir. Bu yöntem tarihten günümüze kadar uzanan doğal tedavi yöntemi olmuştur. İlçede mevsimlik sağlık turizmi her yıl bahar ayları başından yaz ayları sonuna kadar devam etmektedir.

Ekinözü içmeleri aşağı, orta ve yukarı içme olarak adlandırılan üç farklı kaynaktan oluşmaktadır. Orta içme bölümünde oluşan maden suyu daha asitli ve kalitelidir. Aynı zamanda orta içme suyunun yukarı kısmında yer alan bölgede maden suyuna bağlı gaz ve kil oluşumları da bulunmaktadır. Bu kil çamurunun cilt hastalıklarına iyi geldiği bilinmektedir. Ortaya çıkan kükürt kokusunu anımsatan gazın ise koklandığında burun ve solunum yolu hastalıklarına iyi geldiği öne sürülmektedir. Maden suyu ise böbreklerde oluşan taşların kırılmasını kolaylaştırarak taş düşürülmesini sağlamaktadır. Ekinözü'ndeki doğal maden sularının çıktığı kaynakların bulunduğu alanlarında yerel belediyeler tarafından peyzaj uygulanarak çevre düzenlenmesi yapılmıştır. Orta içmelerde bulunan maden suyunun, kaynağı derinleştirilip, dalgıç pompa konulmak suretiyle çeşmelere dağılımı sağlanmıştır. Maden suyu yerel halk tarafından acı su olarak adlandırılmaktadır. Aynı zamanda ramazan aylarında ve yemekten sonra sindirimi kolaylaştırmak amacıyla tüketilmektedir.

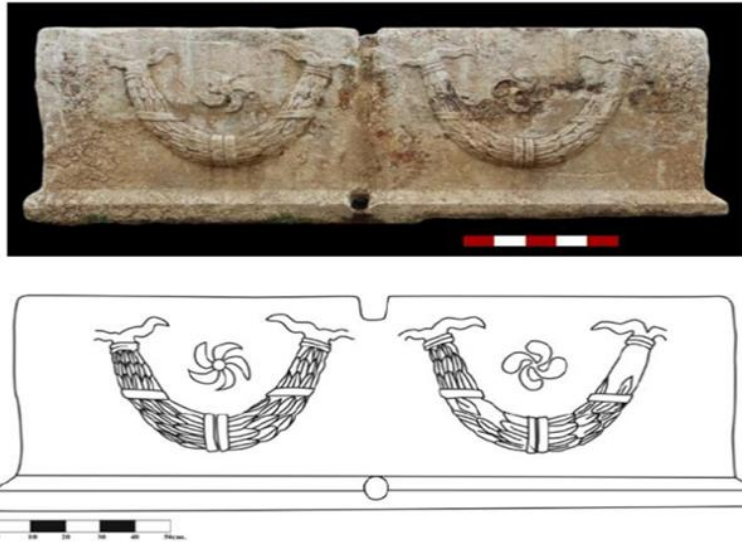
Maden suyunun ısıtılarak hamam (banyo) yapılmasının vücudu rahatlattığı ve pek çok hastalığın tedavisine katkı sağladığı bilinmektedir. Son yıllarda Ekinözü içmelerinde yer alan şahıs hamam işletmelerinin sağlık bakanlığının koşullarını sağlamadığı gerekçesiyle yasaklandığı görülmektedir. Ancak, Kahramanmaraş Büyükşehir Belediyesi tarafından Orta İçme bölgesinde sağlık turizmi amaçlı kullanılması planlanan tam teşekküllü hamam ve otel gibi sağlık merkezlerinin yapımına yönelik yatırım çalışmaları devam etmektedir. Kahramanmaraş ili jeolojik özellikleri nedeniyle çok sayıda aktif fay hattı ve bu fay hatları ile ilişkilendirilebilecek maden suyu ve sıcak su kaynaklarına sahiptir. Ekinözü ilçesine sadece 42 km uzaklıkta olan Ilıca Mahallesi'ndeki 34-58 arasında değişen sıcaklıklara ulaşan ve dört mevsim sıcak su alınabilen kaynaklara bunlardan sadece birini oluşturmaktadır. Bu termal sıcak su Ilıca ve Kahramanmaraş'ı bölgede sağlık turizmi merkezi haline getirmiştir. Bu kapsamda bakıldığında ve jeolojik özellikleri ile mevcut maden suları dikkate alındığında sıcak su çıkma potansiyeli en yüksek bölgelerden birinin Ekinözü ilçesi olduğu söylenebilir. Bu bağlamda, bölgede gerekli jeolojik ve jeofizik incelemelerin yapılarak, yeni maden suları ve sıcak su keşifleri yapılmasının Ekinözü ilçesi ve civarındaki yerel kalkınmayı olumlu yönde etkileyeceği açıktır.

## EKİNÖZÜ'NDE EKONOMİ VE KÜLTÜR

Kahramanmaraş'ın Ekinözü ilçesi ünlü şair Abdürrahim Karakoç'un doğduğu büyüdüğü yerdir. Bu kapsamda bakıldığında, Ekinözü (Celâ) ilçesi Türk Edebiyatında önemli yeri olan şairlerinden; Abdürrahim Karakoç ve Bahri Karakoç'un şiirlerine ilham kaynağı olan doğal güzellikleriyle bilinen küçük bir ilçedir. İlçede en önemli ekonomik girdi İçmeler'ne sağlanmaktadır. Ekinözü İçmeleri'ne 1950 yılları sonrası yerli ve yabancı turistlerin mevsimlik olarak gelerek harcama yapmaları bölge halkı için en önemli ekonomik gelir kaynağı olmuştur. Ekinözü'nün tescillenen şifalı maden suları bölge halkı başta olmak üzere ülkemizden ve yabancı ülkelere gelen birçok turisti ağırlamaktadır. Acı su olarak adlandırılan maden suyu hastalar tarafından ortalama 15-30 gün aralığında tüketilerek böbrek taşı, mide hazımsızlıkları, saç ve deri hastalıklarının iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Turistler içme sezonlarında bölgede bulunan belediye ve şahıslara ait otel ve pansiyonlarında konaklamaktadır. Bu yönüyle bölgede konaklama olanakları mevsimsel olarak gelişmiştir. Ancak mevcut konaklama koşullarının yeterli konum ve kalitede olduğunu söylemek güçtür. Her yıl Mayıs-Haziran aylarında başlayarak Eylül ayının ortalarına kadar süren içme sezonu ilçe halkı açısından en önemli gelir kaynağı konumundadır. Yöre halkı hayvansal ürünlerini ve bahçelerinde yetiştirdikleri meyve ve sebzelerini günlük pazarda satarak gelir elde ederler. Aynı zamanda yöredeki dağlık alandan topladıkları şifalı bitkileri pazarlamaktadırlar. Bazı işyerlerinde Kahramanmaraş yöresine ait hediyelik eşyalar (ağaç oyma, bakır işleme, el işlemleri vb.) satılmaktadır (Gürbüz-Mehmet & Sandal, 2003). Ekinözü (Celâ) İçmeleri Romalılar döneminden beri şifa merkezi olarak kullanılan Ekinözü içmeleri aynı zamanda ilçenin en önemli turistik ve tarihi mekânlardır. Başta cilt olmak üzere, mide ve böbrek hastalıklarına iyi geldiğine inanılan Ekinözü İçmeleri son yıllarda başta Suudi Arabistan, Irak ve Suriye olmak üzere orta-doğu ülke vatandaşlarının da ilgi gösterdiği bir turizm alanı haline gelmiştir (İl Tarım ve Kırsal Kalkınma, 2006). Ekinözü bölgesinde bulunan tarihi yapılar ve bulgular incelendiğinde eski Roma dönemine ait Ekinözü Lahdi ve küpler bulunmuştur. Bunların yontulmuş büyük taşlar ile yapıldığı görülmektedir.

Ekinözü’nde hala yeterince tanıtılmamış veya bilinmeyen tarihsel niteliği olan yer ve mekânlar mevcuttur. Bunların başlıcaları; Ekinözü merkez caminde bulunan gizli tünel, Salavan Dağı’nda bulunan yedi uyurlar mağarası, Ekinözü’nün kuzeyinde bulunan büyük ve küçük Kaleycik yerleşkesi, ipek yolu dönemine ait tarihi hanlardır. Ayrıca Ekinözü-Elbistan-Belen yolu üzerinde “baba” olarak bilinen mübarek bir kişiye ait tarihsel bir mezarın bulunduğu bilinmektedir. Bu mübarek kutsal emanetlerin belirlenerek koruma altına alınması bölgeye turist çekilmesi ve ekonomik kazanç elde edilmesi açısından oldukça önemlidir. Bahsi geçen yer ve mekânların turizme kazandırılacak şekilde ortaya çıkarılması ve gerekli restorasyonlarının yapılması bölgenin turizm kapasitesine önemli katkılarda bulunacaktır. Özellikle kalın kale surlarının gözle görülebildiği Kaleycik tepesinde birçok definecinin altın ve tarihi eserler bulduğu bilinmektedir. Yapmış oldukları kaçak kazılar definecilerin nedeniyle Kaleycik tepesindeki kalıntılara ciddi manada zarar verdikleri görülmektedir.

Ekinözü’nün Yukarı İçme’de belediye çalışmalarında orta çıkarılan ‘Ekinözü Lahdi’ üzerinde yapılan araştırmada bu lahidin Romalılar döneminde gezici ustalar tarafından bu bölgede yapıldığı kanaatine varılmıştır (Eker, 2019) (Şekil 3). Çalışmada Roma lahidinin Türkiye’de ve dünyadaki benzer motifleri karşılaştırılarak yapıt için muhtemel tarihi izler aydınlatılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, Ekinözü belediyesi bahçesinde ve Ekinözü halkının evlerinde çok sayıda tarihi taş lahit bulunmaktadır. Bunların hangi tarihte yapıldığı veya hangi milletlere ait olduğu hakkında detaylı araştırmalar yapılmamıştır. Farklı konumlarda bulunan tarihi lahit ve diğer tarihi eserlerin, Ekinözü’nde açık hava müzesi oluşturulabilecek kadar çok sayıda olduğu bilinmektedir.



Şekil 3. Ekinözü Yukarı İçme’de Bulunan Ekinözü Lahdi (Uzunluk: 220 cm, genişlik:120 cm, yükseklik: dıştan:80 cm, içten:76 cm, topuk yüksekliği: 13 cm, tekne cidarı: 15 cm’dir).

Ekinözü ilçesi tarım bakımından zengin ve geniş bir araziye sahiptir. İlkbahar döneminde ortaya çıkan ters lale (halk dilinde ağlayan çiçek, ağlayan gelin) çiçeğini görmek için dönemsel olarak bölgeye yerli ve yabancı turistler gelmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Ekinözü Salavan Dağı’nda Yetişen Ters Lale

Önceleri Celâ olarak kullanılan yöre adının yerini alan Ekinözü ismi sulak, suyu bol anlamına gelmektedir. Ekinözü ilçesinin sahip olduğu topraklar oldukça verimli ve hayvan yetiştiriciliğine de uygundur. Ekinözü bölgesinde son yıllarda büyük baş hayvan entegre tesisleri ve küçükbaş hayvan besiciliğinin yapıldığı görülmektedir. 2015 yılı TÜİK

verilerine göre Ekinözü ilçesindeki hayvan varlığı sığır; 3300, sığır-buzağı; 200, koyun-keçi; 750, kanatlı tavuk, hindi, ördek, kaz ise 9460 adet olarak belirlenmiştir (Aybek vd., 2015). 1998 yılında Ekinözü'ne kurulan Ekinözü Akpınar kalkınma Kooperatifi 2005 yılına kadar büyük baş hayvancılık yatırımları yaparak kooperatif bünyesinde günde 1500 ton süt toplanmış ve toplanan sütleri Malatya'nın en büyük süt fabrikalarına satmıştır. Fakat belli dönemlerde yaşanan yolsuzluk ve mali sıkıntılar nedeniyle sonrasında bu kooperatif kapatılmıştır. Bu durum bölge halkını zor duruma düşürmüştü ve hayvanlarına icra gelmesine neden olmuştur. Yaşanan bu talihsiz olay Ekinözü ilçesinin büyük baş hayvan yetiştiriciliği ve süt üretim merkez olması konusunda önemli bir fırsatı yitirmesine neden olmuştur. Ancak halen ilçeye kurulan modern kesim tesisi tamamlanmak üzeredir. Ayrıca Soysallı köyünde 2012 yılında deneme amaçlı başlatılan çilek yetiştiriciliği, üreticilerin memnun kalması üzerine Ekinözü ilçesinin tamamında yaygınlaşmaya başlamıştır.

Coğrafi konumu göz önüne alındığında Ekinözü ilçesinin ulaşım bakımından oldukça elverişsiz bir bölgede yer aldığı görülmektedir. Deniz, demir ve hava yolu ulaşımı bulunmayan ilçeye sadece karayolu ile ulaşım sağlanabilmektedir. Doğaka tarafından hazırlanan TR63 bölge planı (2014-2023) analiz çalışmasında, TR63 bölgesi içerisindeki ilçelere kıyasla çok modlu erişim değeri en düşük ilçenin Ekinözü olduğu belirlenmiştir (Doğaka, 2020). Ekinözü ilçesinin ardından Elbistan ve Nurhak ilçeleri sıralanmaktadır. Bu durum bölgesel kalkınma ve Ekinözü ilçesinin ekonomik gelişimini olumsuz olarak etkileyen başlıca problemlerden biri olmuştur.

## EKİNÖZÜ MADEN SUYUNUN İNCELENMESİ

Çözünmüş halde doğal gaz ve mineral içeren kaynak sularına genel olarak maden suyu denilmektedir. Maden suyu; jeolojik koşullara uygun, toprak derinliklerinde toplanan, çıkış noktasından sürekli olarak akan ve kendine ait özellikler taşıyan sudur (Arslan vd., 2001). Türkiye genelinde birçok doğal maden suları mevcuttur. Kar ve yağmur gibi yüzey suları çeşitli yollar ile yer altına süzülür ve 10-100 yıl arası bir sürede depolanan bu sular buldukları ortamdaki kayaçların litolojik özelliklerine göre çeşitli mineraller bakımından zenginleşmektedirler. Bünyelerine aldıkları mineral miktarı 1000 mg/L'ye ulaşan sular geleneksel adı olan maden suyu özelliğini kazanmış olurlar (Gezer, 2016). Ülkemizde Sağlık Bakanlığının içilebilir raporları doğrultusunda bu suların kullanımı söz konusudur. Doğal maden suları aynı zamanda maden sodası olarak da adlandırılırlar. Ülkemizde bulunan maden suları sağlık Bakanlığının gerekli ölçüm ve analizleri doğrultusunda uygun sonuçlar elde edilmesiyle içeriği değiştirilmeden oksijen ve karbondioksit gazlarının değerleri temel alınarak içilebilir izinleri verilmektedir. Bu şartlar yerine getirildiğinde maden suları şişelenerek ticari amaçla satılabilmektedir (Gültekin vd., 2005).

Maden sularının sağlık ve turizm yanında, ekonomik ve ticari açıdan da büyük önem taşıdıkları görülmektedir. Başta Fransa olmak üzere dünyanın birçok yerinde çeşitli açılardan vücuda yararlı olduğu belirlenen ve içilebilir nitelikte gaz içeren maden suyu kaynakları, içme suyu (sofra suyu) olarak kullanılması ve pazarlanması amacı ile şişelenmektedirler. Dünyada maden sularıyla ünlü başlıca yerler; Almanya (Wiesbaden), İngiltere (Bath). Amerika Birleşik Devletleri (ABD) (Saratoga)'dır. Maden suyu üretimi açısından yüksek bir potansiyele sahip olan Türkiye'nin hemen her bölgesinde birçok doğal mineralli su kaynağına rastlanmaktadır. Türkiye'de şişelenmiş maden suyu tüketiminin artışı, son yıllarda maden suyu üretim sektörünün hızla büyümesine neden olmuştur (Arslan vd., 2001). Jeolojik konumu ve coğrafi özellikleri göz önüne alındığında meydana gelen volkanik ve tektonik araziler nedeniyle Türkiye'nin birçok jeolojik kaynağa sahip olduğu söylenebilir. Bu jeolojik kaynaklar, asitli madensuları, termal sıcak sular veya Pamukkale'deki travertenler gibi birçok sıra dışı doğa olaylarını meydana getirmektedirler. Sahip olduğu jeolojik kaynaklar yönüyle Türkiye dünya üzerinde ilk yedi sırada yer alan zengin bir ülke konumundadır. Avrupa'daki maden suları Türkiye'ye oranla 70-80 kat daha fazladır ancak, yerleşim birimlerinden uzak olması ve yüzeysel kirlenme olasılığı taşınamaması nedenleriyle Türkiye'deki doğal mineralli su kaynakları daha temizdir. Tüketicinin beğenisini toplamak ve tüketimi artırmak için maden suyu üreticilerinin odaklandığı yeni bir alan, meyveli maden suyu üretimidir. Sektörün %16'sını oluşturan meyveli soda pazarının her yıl %40 oranında artış gösterdiği tahmin edilmektedir (İSO, 2006).

Maden sularının vücudun kalsiyum ihtiyacının karşılanmasında önemli bir rolü olduğu bilinmektedir. Maden suları içinde barındırdığı demir yönünden oldukça zengindir, üstelik demir emiliminin yüksek olmasının vücuda biyoyarar sağladığı göz ardı edilemez. Bu yarar doğal minarelerden faydalanılarak sağlanmakta ve bu şekilde insan metabolizması korunarak doğal bir alternatif tedavi yöntemi uygulanmaktadır. Ekinözü'nde ortaya çıkan doğal mineralli su, içerdiği zengin mineraller sebebi ile içme sularına oranla sertliği daha yüksek olduğu için halk arasında 'acı su' olarak adlandırılmaktadır (Kopar, 2002, Gürbüz & Sandal, 2003). Ekinözü halkı tarafından 'Acı su' diye adlandırılan doğal mineralli maden suyunun rengi beyazdır. İlk çıktığında içerisinde köpük tanecikleri barındırır. Kaynağından çıktıktan sonra şişelenen acı su, cam şişe ve dolap ortamında özelliğini uzun süre korumaktadır. Uzun

süre temas ettiği metal eşyaları erittiği veya oksitlendirdiği görülür. Acı su taş mermer üzerinde uzun süre temas ettiğinde ise taş üzerinde sarı- kırmızımsı renk aralığında renk değişimine yol açmaktadır. Kahramanmaraş çevresinde birçok doğal maden suyu kaynakları mevcut olup, bu kaynakların başlıcaları genel özellikleri ile birlikte aşağıda sıralanmıştır:

1. Aşağı, yukarı ve orta olarak adlandırılan üç farklı kaynağı içeren Ekinözü İçmeleri'nin suları bol karbondioksitli, demir tortulu, renksiz, kokusuz ve berrak özellikte olup, kimyasal sınıflandırmaya göre bu sular; bikarbonatlı ( $\text{HCO}_3^-$ ), kalsiyumlu ( $\text{Ca}^{+2}$ ) ve magnezyumlu ( $\text{Mg}^{+2}$ ) sular grubuna girmektedir. Fiziksel sınıflandırmaya göre ise hipotermal, hipotonik sular özelliği gösterirler (Çakar, 1996). Sıcaklıkları 13,0-13,3 °C arasında değiştiği için 'soğuk sular' grubunda yer almaktadırlar.
2. Karbonatlı bir suya sahip olan Uyuz pınar suyu içildiğinde midede uyarıcı etki yaparak sindirimi hızlandırmakta, karaciğer ve safra kesesini etkileyerek safra kesesinin boşalmasını sağlamakla birlikte pankreas enzimlerinin etkisi için pH miktarını düzenlemektedir.
3. Dere Boğazı içmesi beslenme bozukluğu, solunum yolu, romatizma, deri, böbrek ve idrar yolları, safra kesesi, karaciğer ve kadın hastalıklarının tedavisinde tavsiye edilmektedir.
4. Kahramanmaraş'ın Şerefoğlu Köyü'nde bulunan ve şehir merkezine 15 km. uzaklıkta yer alan Hopur İçmesi 8 ayı kaynaktan çıkmakta olup, bu kaynakların 5'i kaplama taş yapılan bir oluğa alınmıştır. Kimyasal bakımdan karbonatlı, kalsiyumlu ve magnezyumlu sular grubuna giren Hopur İçmesi suları, pH değeri bakımından olumlu bazik sular sınıfında yer almaktadır. Serpantinlerin hidrasyonu sonucunda suların içine Fe, Mn, Si mineralleri karışmaktadır. Suyun içerisindeki katyon ve anyon miktarı oldukça düşüktür.
5. Pazarcık ilçesi Çınarlı köyü sınırları içerisinde yer alan ve Kahramanmaraş'a 22 km uzaklıkta bulunan Çınarlı İçmesi üst Jura-üst Kretase yaşlı ultrabazikler, serpantinler, volkanitler ve metamorfiteğin birarada bulunduğu bir karmaşık içerisinden çıkmaktadır. İçerisindeki katyonların %96'sının sodyumdan oluşması nedeni ile Çınarlı İçmesi sodyumhidroksitli, sodyumklorürlü, karbonatlı ve tuzlu sular grubunda yer almaktadır. Ayrıca içmenin pH değeri olumlu bazik sular özelliği göstermektedir.
6. Keklikoluk içmesi Göksun'un 30 km. kuzeyinde Keklik oluk köyü sınırları içerisinde, Binboğa Dağı'nın yüksek yamaçlarından çıkmaktadır. Yöre halkı Keklikoluk içmesinden kaynak başında çamur banyosu yapmak suretiyle yararlanmaktadır.
7. Göksun'a 40 km uzaklıktaki Büyük Kızılcık Beldesi sınırları içerisinde yer alan Büyük Kızılcık İçmesi düşük anyon ve katyon miktarına rağmen, önemli miktarda hidrojen sülfür, demir, sülfat ve serbest karbondioksit içermektedir. Kimyasal olarak kükürtlü, magnezyumlu ve demirli, pH değeri bakımından ise olumsuz asit sular grubunda yer almaktadır. Organik madde içeriği oldukça yüksektir (3.80 mg/lit) (Çakar,1996).

Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün 12.10.2006 tarihli ve B100TSH01000006 sayılı tıbbi değerlendirme raporunda "Aşağı ve Yukarı İçme kaplıca tesisinden alınan numunenin 1600,386 mg/lit toplam mineralizasyona sahip, kalsiyum bikarbonatlı mineralli su niteliği taşıdığı belirtilmiştir. Hekim kontrolünde ve su ısıtılarak banyo uygulamaları şeklinde romatizmal hastalıkların kronik döneminde; kronik bel ağrısı osteoartrit gibi yumuşak doku hastalıklarının tedavisinde tamamlayıcı tedavi unsuru olarak, ortopedik operasyonlarda kullanılabilir" görüşüne yer verilmiştir. Ayrıca beyin ve sinir cerrahi sonrası gibi uzun süreli hareketsiz kalma durumunda, fiziksel engellik gibi hastalıkların tedavisinde rehabilitasyon amacıyla, genel stres bozukluklarında ve spor yaralanmalarında tamamlayıcı tedavi unsuru olarak; içme kürleri şeklinde osteoporozda, üst mide-bağırsak sisteminin fonksiyonel rahatsızlıklarda ve üriner sistem taşlarının temizlenmesi için yardımcı tedavi unsuru olarak kullanılabilir niteliktedir (Karademir vd., 2018). Ekinözü Orta İçme'de ortaya çıkan gazın sahip olduğu kükürt kokusu üst solunum yolu hastalıklarına önerilen bir tedavi yöntemidir. Orta İçme bölgesinde çıkan hava kabarcıkları ve gaz üzerine yeterli araştırma yapılmamıştır. Ancak yöre halkı tarafından bu gazın hemoroid ve solunum hastalıklarına iyi geldiğine inanılmaktadır. Yüksek mineralizasyon oranına sahip Ekinözü İçmelerinde, yılın her döneminde, kaynaklar üzerine yapılan çeşmelerden, su benzer debiler ile aktığı ancak bahar aylarında su debisinin bir miktar daha arttığı ve tatlı su karışımı nedeni ile acılığının azaldığı görülmektedir.

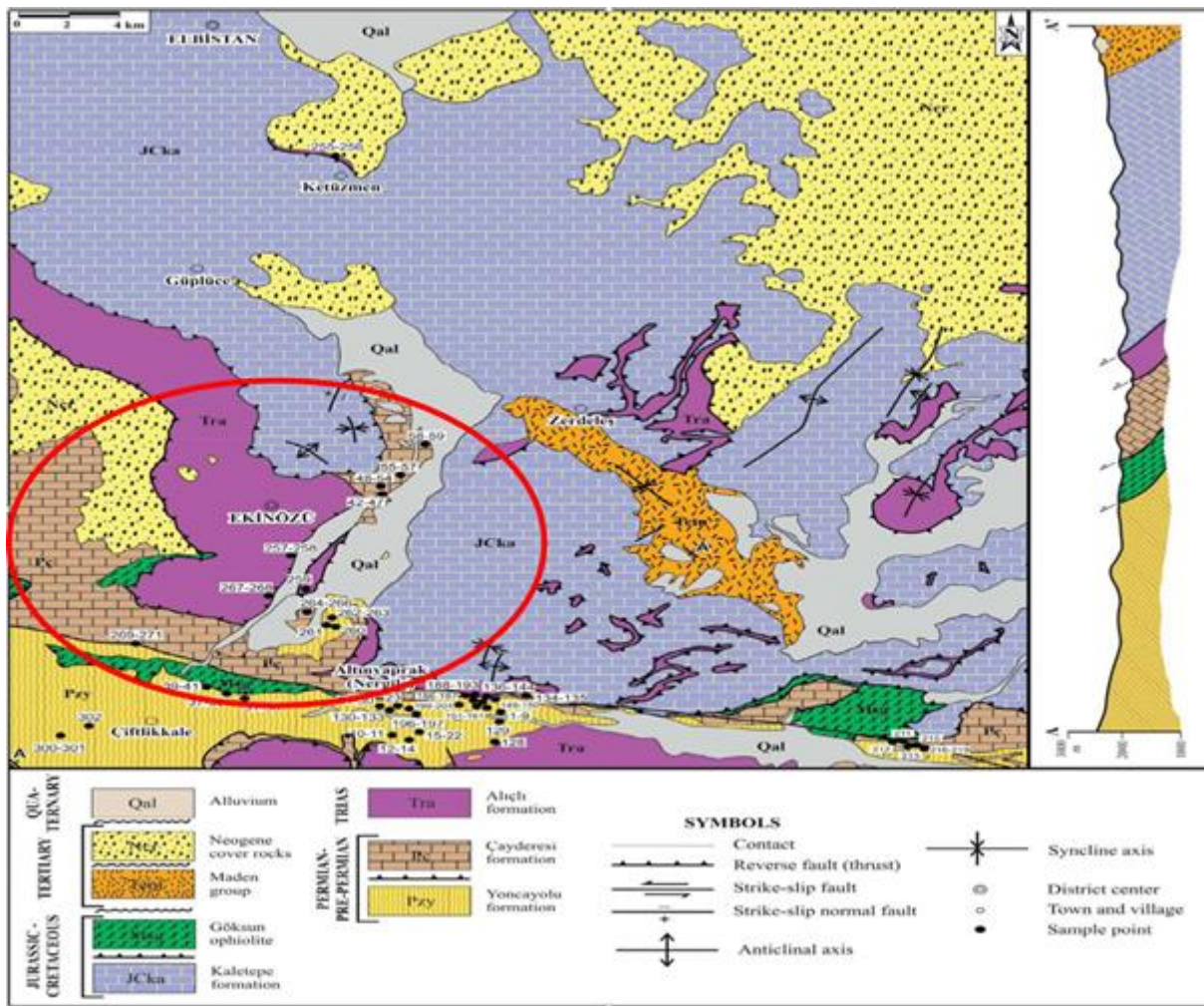
Adana Halk Sağlığı Müdürlüğü Laboratuvarı 2016/362 numaralı analiz raporunda ISO 17294-2 yöntemiyle elde edilen bulgularda Ekinözü İçmeleri'ne ait analiz değeri 25.1 olarak bulunmuş olup, bu sonuca göre suyun içilebilir nitelik taşıdığı belirlenmiştir. 15.09.2015 tarihinde Halk Sağlığı Müdürlüğü'nce Ekinözü maden sularından alınan numunelerin kimyasal, mikrobiyolojik analizleri İstanbul 1.Halk Sağlığı Laboratuvarı'nda, radyoaktivite analizleri ise Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde yaptırılmış olup, elde edilen



sonuçlarda herhangi bir olumsuz durumla karşılaşmamıştır. Eski çalışmalarda 0,485-0,55 arasında olduğu belirtilmesine rağmen, yakın tarihli ölçümlerde Ekinözü İlçeleri'ndeki üç çeşmenin de debisinin 0,654 L/s olduğu tespit edilmiştir. MTA'nın bölgede yaptığı çalışmalarda Ekinözü İlçeleri'ne ait maden sularının muhtemelen alüvyonlar tarafından örtülmüş olan Paleozoyik yaşlı şistler ile Mesozoyik yaşlı ofiyolitler arasındaki dokanaktan ya da Celâ deresine paralel konumdaki muhtemel fay hattından çıktığı ifade edilmektedir. Bölgede çıkan gaz ve maden sularının sürekli olarak gözlem altında tutulmasının, bölgenin depremsellik durumunun belirlenmesi ve olası bir depremin önceden tahmini konularında çok önemli bilimsel veriler sunacağı düşünülmekte olup, ne yazık ki henüz bu kapsamda gerçekleştirilen bir çalışma bulunmamaktadır.

## EKİNÖZÜ'NÜN JEOLÖJİK YAPISI VE YERALTI ZENGİNLİKLERİ

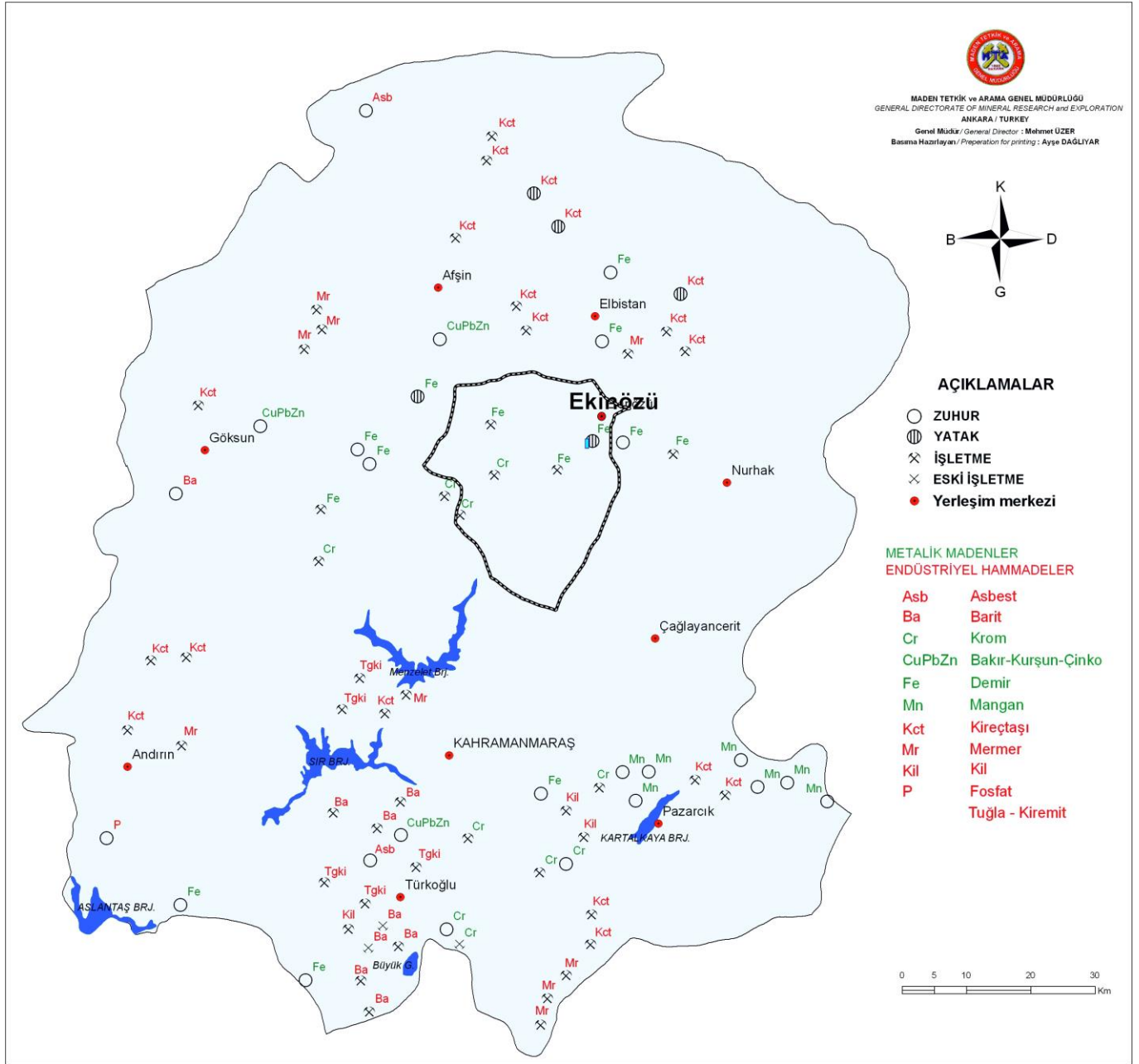
Bölgesel jeoloji ve tektonik konum açısından Anadolu ve Arabistan levhalarının birbiri ile kenetlenmesi ile oluşan Orojenik Kuşak içerisinde yer alan Ekinözü ilçesi ve civarında çok farklı ortam ve koşullarda oluşmuş, farklı yaş ve litolojik özelliklere sahip kayaların bulunduğu görülmektedir (Şekil 5). Bu nedenle bölge hem yeraltındaki maden ve cevherleşmeler hem de doğal mineralli sular açısından önemli bir potansiyele sahiptir.



Şekil 5. Ekinözü İlçe Merkezi Civarının Jeoloji Haritası (MTA, 2018).

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından bölgede yapılan çalışmalarda endüstriyel hammadde ve metalik maden yatağı zuhurları ortaya çıkartılmıştır (Şekil 6). Bunlardan en ön emlileri tuğla-kiremit, kireçtaşı, barit, demir, krom ve manganez olarak sayılabilir (MTA, 2001-2005). içeriğine sahip kireçtaşları, Afşin-Elbistan ilçeleri arasında yer alan Elbistan Havzası'nda geniş alanlarda yüzeyleyen ve %98 CaCO<sub>3</sub>, %0,1 SiO<sub>2</sub>, %0.50 MgO (Magnezyum Oksit) içeriğine sahip kireçtaşları, termik santralde hammadde olarak kullanılmakta olup, bu kireçtaşlarının bölgede 3 milyon tonluk rezerve sahip olduğu hesaplanmıştır. Bunun yanında, Afşin-Elbistan civarındaki zengin linyit potansiyeli, il sanayisinde önemli rol oynayan Afşin-Elbistan Termik santralinin linyit ihtiyacını karşılamaktadır. Kahramanmaraş genelinde çok sayıda barit yatağının olduğu görülmektedir. Önsen-Bozağalık %98.55 BaSO<sub>4</sub> tenöre

ve 462.000 ton rezerve sahiptir. Türkoğlu-Şekeroba'daki barit yatağı da bir diğer önemli maden sahası konumundadır.



Şekil 6. Kahramanmaraş İlindeki Madenler ve Ekinözü İlçesinin Konumu (MTA, 2019'dan değiştirilmiştir).

Ekinözü çevresindeki metamorfik kayalar alt düzeyde kloritşist, granat, amfibolşist, stavrolit, sillimanit ve disten içeren mikaşist ve mikagnays litolojilerinden, üst düzeyde ise aktinolit, tremolit, muskovit, biyotit ve klorit içeren kalsitli ve dolomitli mermerlerden oluşmaktadır (Hozatlı vd., 2020). Mikalar muskovit ve biyotit arasında (biyotit-seladonit, muskovit-filogopit, muskovit-ferrifenjit, muskovit-ferrobiyotit, Al-flogopit-Al-annit), kloritler ise şamozit ve klinoklor (brunsvigit ve diyabantit) arasında trioktahedral bileşime sahiptir (Hozatlı vd., 2020). Mineral birlikteliklerine göre, Ekinözü bölgesindeki metamorfik kayalar metabazik ve metapelitlerce zengin alt seviyelerde amfibolit fasiyesi; metakarbonatlarca zengin üst seviyelerde ise yeşilşist fasiyesi koşullarını yansıtan metamorfizma derecelerini göstermektedir. İri tane boyutlu biyotit, muskovit ve kloritlere çok düşük-dereceli metamorfizmayı işaret eden C-V, C-S, I-C ve illit-vermikülit/I-V eşlik etmektedir (Hozatlıoğlu vd.,2020).

MTA verilerine göre Elbistan ve Göksun ilçeleri arasındaki bölgede yer alan Ekinözü Çakçak Dere zuhurunda %40 tenörlü 1.200.000 ton mümkün rezervi olan Fe madeni tespit edilmiştir. SiO<sub>2</sub> tenörünün yüksek olduğu belirtilse de

uzun yıllardır özel şirketler tarafından Ekinözü sahasında demir madeni çıkartıldığı bilinmektedir. Ekinözü demir cevherinin laboratuvar analiz değerleri aşağıdaki gibidir:

### ***Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Ekinözü Demir Cevheri Verileri:***

Söz konusu yer: Ekinözü

Cevher/ Maden: Demir (Fe)

Bölge Çalışması: Ekinözü-Çakçak Dere Sahası

Tenör: % 40 Fe, Rezerv:1200000 ton mümkün rezerv bulunmaktadır, mevcut haliyle sahada üretim yoktur.

Ekinözü'nde faaliyet gösteren ve demir madeni işleyen Eurasia Madencilik tarafından yaptırılan laboratuvar incelemesi sonuçları aşağıdaki gibidir (Tablo 4.1).

Tablo: 4.1 Ekinözü Demir Madeni Laboratuvar Analiz Sonuçları (Liman Kimya Analiz Laboratuvarı, Lab. No: C1207116, İstanbul,2016)

Toplam Fe	% 64,11
SiO <sub>2</sub>	% 4,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% 0,58
P	% 0,018
S	% 2,73

Ekinözü maden sahasında uzun yıllar üretim yapan firmanın tesis değirmenlerinden çıkan madenin tenörü minimum % 64 olarak belirlenmiştir. Daha önce sahada üretim gerçekleştiren firma ayda 25.000 ton mikronize edilmiş (0.75 ile 0.85 arasında) üretim gerçekleştirmiş ve bu sahadan üretilen demir ham madde olarak Çin'e ihraç edilmiştir.

Ekinözü ilçesinde faaliyet gösteren özel firmalar döneminde ilçede işsizlik büyük ölçüde azalarak bölgeye ekonomik yönden ciddi katkılar sağlanmıştır. Fakat halen ekonomik nedenlerden dolayı maden ocağı kapanmış ve üretim durdurulmuştur. Bu nedenle başta demir olmak üzere bölgedeki yeraltı kaynaklarının ekonomiye kazandırılması yönündeki çabalar sektöre uğramış ve bölge halkı önemli bir istihdam imkânından mahrum kalmıştır. Ekinözü'nde daha önce üzerine araştırma yapılmamış bir diğer önemli hammadde kaynağı ise Salavan Dağında bulunan beyaz topraktır. Bu toprağı yöre halkı Ak toprak olarak adlandırmaktadır, halk dilinde is ağ toprak denilmektedir. Anadolu'da beyaz toprak olarak bilinen (ağ toprak, ak toprak) malzeme pekmez ve kâğıt yapımında ham madde olarak kullanılmaktadır (Şahin & Şahin, 2020). Beyaz rengi ve kireci andırmasına rağmen kireç gibi reaksiyonlar göstermeyen ak toprak pekmez yapımında üzüm suyunun koyulaştırılması ve durulaştırılmasında kullanılmaktadır. Tarihten günümüze ata kültürü olarak bu toprağın kullanıldığı bilinmektedir.

### **TESPİT EDİLEN MEVCUT PROBLEMLER**

1. Ekinözü İçmeleri'ne ait maden suları Roma döneminden başlayarak günümüze kadar insanlık için şifa kaynağı olarak kullanılmıştır. Fakat maden suyunun sağlık açısından nasıl kullanılacağı ve vücuda olan faydaları bilimsel olarak yeterince kanıtlanmamıştır. Su hakkında gerekli bilimsel bilgilendirme yapılamamıştır. Bu durum, maden sularının hastalar tarafından bilinçsiz şekilde kullanılmasına neden olmuştur. Ekinözü İçmeleri'ne yönelik konaklama ve turizm faaliyetleri ile ilişkili gerekli yatırımlar yapılmamış olup, bu nedenle İçmelere olan ilgi ve talebin azaldığı ve sağlık turizmin sürdürülebilirliğinin oldukça zor bir hal aldığı görülmektedir. Ayrıca, etrafının dağlarla çevrili olması şeklindeki coğrafi yapısı ve Amanoslar-Toroslar arasındaki geçiş kuşağı üzerinde yer alması nedenleri ile 1990-2008 yılları aralığında ülkemizde meydana gelen terör faaliyetleri Ekinözü ilçesini derinden etkilenmiş ve Ekinözü İçmeleri'ne yapılacak olan erken yatırımlara engel uzun yıllar oluşturmuştur. Ekinözü İçmeleri'ne ait maden suları ilaç firmaları ve çevre rakip ilçe halkları tarafından belli dönemlerde karalama kampanyası ile karşı karşıya kalmıştır. Bu kapsamda sürekli olarak içme sularının insan sağlığına faydalı olmadığı, zararlı olduğu yönünde iddialar türetilmiştir.

2. Ekinözü İçmeleri'ne ait maden suları ile ilişkili olarak, üniversiteler ve ilgili kamu laboratuvarlarınca gerekli tetkikler yapılmak suretiyle maden sularının fiziksel ve kimyasal özellikleri, insan sağlığına olumlu-olumsuz etkileri, hangi hastaların bu sulardan faydalanabileceği gibi konularda yapılacak çalışmalar ve üretilecek bilimsel raporlar bu maden suları hakkındaki olumsuz endişe ve iddiaları ortadan kaldıracaktır. Ayrıca maden sularının kullanım amaç ve şekilleri hakkında farkındalık yaratılarak daha etkin ve doğru kullanım sağlanabilir. Bu farkındalık sayesinde Ekinözü İçmeleri'ne ait maden sularının güvenilirliği ve prestiji doğal olarak artmış olacaktır.
3. Sağlık bakanlığının belirleyeceği uzman kişiler kontrolünde maden suyu, çamur, gaz koklama gibi tedavi işlemlerinin yapılması için gerekli alt yapı ve uzman insan kaynağının sağlanması maden suyu ve diğer alternatif tedavi çeşitliliğini daha güvenli kılacaktır.
4. Ekinözü İçmeleri'ne ait maden sularının şişelenerek pazarlanmasını sağlamak bölge kalkınmasına ve Ekinözü'nün tanıtımına ciddi fayda sağlayacaktır.
5. Ekinözü ve çevresinde çıkan demir cevherinin yerinde işlenmesi, bölgeyi demir sektörü alanında üretim merkezi haline getirmek için bir fırsat olacaktır.
6. Çok yönlü ulaşım elverişli olmayan Ekinözü'nde, bölgeye yapılacak yatırımlara engel teşkil eden nakliye problemi, demir yolu taşımacılığıyla çözüme ulaştırılabilecektir. Ekinözü, Ericek, Elbistan, Afşin, Nurhak, Göksun havzalarını içeren ortak taşıma modeli madenlerin nakliyat giderlerini düşürerek yatırımcılara olumlu bir zemin hazırlayacaktır. Bu kapsamda, Malatya'nın Doğanşehir ilçesine bağlı Kapıdere mahallesinden geçen yük treni güzergâhına yapılacak eklemeler ile oluşturulacak Nurhak, Ekinözü (Akpinar) Elbistan, Afşin, Erçene, Çardak, Göksun, Ericek güzergâhı, bölgedeki tüm taşıma sorunlarını çözeceği gibi alternatif bir ulaşım imkânı konumuna da gelecektir (Şekil 7).
7. Ekinözü ilçesi ve yakın civarı için devlet tarafından teşvik uygulanması ve mevcut teşviklerin artırılması bölgeye yapılacak yatırımları hızlandıracak, özellikle madencilik sektörünün gelişmesini sağlayacaktır.
8. Ekinözü'nde bulunan lahit, taş oyma eserler ve kilden yapılmış tarihi küp ve külçeler bir araya getirilerek açık hava tarihi müze yapılabilir. Bu gelişme bölgede turizm faaliyetlerinin hem çeşitlenmesine hem de artmasına katkı sunacaktır.
9. Ekinözü'nde mevcut sosyo-kültürel hayat şartlarının iyileştirilmesi kapsamında toplu konut inşası, doğayı tanıtıcı yürüyüş yolları yapılması ve insanların aileleriyle birlikte uzun süre vakit geçirebileceği sosyal tesislerin çoğaltılması gibi yatırımlar Ekinözü'ne olan ilgiyi ve turistlerin bu bölgede konaklama süresini uzatacaktır.



Şekil 7. Bu Çalışmada Demir Yolu Projesi İçin Önerilen Güzergâhın Googleearth Görüntüsü Üzerindeki Konumu.

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Ülkemizin en önemli 10 içmecesinden biri konumunda olmasına rağmen, Ekinözü İçmeleri bölgede uzun yıllar süren ekonomik istikrarsızlık nedeniyle sağlık turizmi açısından ne yazık ki hak ettiği ilgiyi yeterince görmemiştir. Ayrıca, 1990-2008 yılları arasında bölgede ve ülkemizde cereyan eden terör olayları içmelere olan talebe ciddi şekilde zarar vermiş ve bu kapsamda yapılacak olan yatırımların gelmesine engel olmuştur. Bu durum bölgede çok daha önceden başlayabilecek sürdürülebilir sağlık turizmi faaliyetlerini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu çalışmada yapılan araştırmalar neticesinde Ekinözü maden suyunun kullanımı ve sağlığa faydaları hakkında yeterli ve kapsamlı şekilde tanıtım yapılmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Ekinözü İçmeleri'ne ait maden sularının sağlıksız olduğu şeklinde endişe verici söylentilerin halk arasında dolaştığı belirlenmiştir. Ancak farklı kurum ve kuruluş laboratuvarınca yapılan analiz sonuçları suların içilebilir nitelik taşıdığını ve birçok hastalık için alternatif tedavi olarak kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Bu durumda mevcut sularının işlenerek ekonomiye kazandırılması ülke ve bölge ekonomisi ile birlikte istihdama büyük bir katkı sağlayacaktır. Kahramanmaraş'ta bulunan diğer maden sularıyla karşılaştırıldığında Ekinözü içmeleri sürekliliği olan ve sağlıklı içilebilir nadir maden suları içerisinde yer almaktadır. Bu nedenle, Ekinözü içmeleri hakkında bölgesel ve ulusal alanda kamu spotu ve reklam faaliyetleri yapılarak tanınırlığının artırılması büyük önem taşımaktadır.


Coğrafi konumu ve bu kapsamdaki jeolojik özellikleri göz önüne alındığında Ekinözü ilçesinin içmeler yanında çeşitli yeraltı kaynaklarına da sahip olduğu görülmektedir (Dağlıyar, 2019). Bölgedeki demir cevheri varlığı bunların en başında gelmektedir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün Ekinözü'ndeki demir cevherinin tenörü hakkında sunduğu raporla, bölgede faaliyet gösteren özel firmaların yaptırdığı analiz sonuçları arasında farklılık olduğu gözlemlenmiştir. MTA raporunda tenör %40 olarak verilmiş ve Ekinözü'ndeki demir cevherinin verimliliği daha düşük olduğu belirlenmiştir. Oysa, Ekinözü'nde uzun yıllardır maden işletmeciliği alanında faaliyet gösteren özel firmalar üretim aşamasındaki demirin tenörünü % 64 olarak belirlemişlerdir. Bu sonuçlar bölgedeki demir cevherlerin daha verimli olduğunu ortaya koymaktadır. Farklı lokasyonlardan alınan cevher numunelerinde değerlerinin farklılık gösterebileceği olasılığı ile birlikte bu konunun açıklığa kavuşturulabilmesi için bölgede daha detaylı saha ve örnekleme çalışmalarının yapılması büyük önem arz etmektedir. Diğer şehir ve limanlara uzaklığı nedeniyle Ekinözü'nde başta madencilik olmak üzere tarım, hayvancılık ve turizm faaliyetlerinde nakliye ve ulaşımın nispeten daha pahalı olacağı öngörülmektedir. Bu konuda bölgeye ve amaca uygun taşıma modeli olan raylı sistem yatırımlarının yapılması sadece bölgedeki demir madeninin değil, Afşin-Elbistan sahasından çıkarılan kömürün, Ekinözü, Nurhak, Ericek bölgelerinden çıkan diğer madenlerin ve tarım ürünlerinin taşınmasında da kullanılabilir olacak olup, maliyetleri düşürerek yatırımları kolaylaştıracaktır. Bu gelişmeler, bölgede bulunan yeraltı zenginliklerinin kolaylıkla işletilerek bölge ve ülke ekonomisine kazandırılması sağlanacaktır.

## KAYNAKLAR

- Arslan, P., Samur, G., Ağım, M., 2001. Maden Suyu/Sodasının Üniversite Öğrencileri Arasında Tüketim Durumu ve Bunu Etkileyen Faktörler Üzerine Bir Araştırma. *Beslenme ve Diyet Dergisi*. 30, 3 (Ara. 2001), 22–28.
- Aybek, A., Üçok, S., Bilgili, M. E., İspir, MA., 2015. Kahramanmaraş İlinde Bazı Tarımsal Atıkların Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritasının Oluşturulması, *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, Sayı 29, s. 28-29.
- Çakar, M., 1996. Kahramanmaraş ve Çevresindeki Şifalı Suların Özelliklerinin Araştırılması, *K.S.Ü. Fen Bil. Enstitü. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Kahramanmaraş,
- Dağlıyar, A., 2019. Kahramanmaraş Maden Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Haritası, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/maden-haritalari/kahramanmaras.pdf> (Erişim Tarihi: 08.10.2020).
- Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı (Doğaka), 2015. TR63 bölge planı (2014-2023) analiz çalışması, [https://www.dogaka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/www.dogaka.gov.tr\\_603\\_GE7J97UV\\_TR63-Bolge-Plani-2014-2023.pdf](https://www.dogaka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/www.dogaka.gov.tr_603_GE7J97UV_TR63-Bolge-Plani-2014-2023.pdf) (Erişim Tarihi: 08.10.2020).
- Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı (Doğaka), 2020. Kahramanmaraş Turizm Stratejisi ve Eylem Planı 2020-2024, Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı: Ankara.
- Eker, F., 2019. Ekinözü Lahdi Üzerine İlk Değerlendirme, *CEDRUS, The Journal Of MCRI*, VII, Cilt (26), Sayı 30, s. 578. Antalya.

- Gezer, NN., 2016. Sade ve Aroma İçeren Doğal Mineralli Maden Sularındaki Ağır Metal Düzeylerinin Toksikolojik Açından Değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi Disiplinler arası Adli Bilimler Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Gökalp, E., 1972. Elbistan-Celâ İçmeleri Jeoloji-Hidrojeoloji Etüdü Raporu No: 5827, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Gültekin, F. & Dilek, R., 2005. Gümüşhane Yöresi Mineralli Su Kaynaklarının İz Element ve Radyoaktivite İçerikleri, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Cilt 29, Sayı 1, s.36-43 Gümüşhane.
- Gürbüz, M & Sandal, EK., 2003. Ekinözü İçmelerinde (K.Maraş) Sağlık Turizmi, Türk Coğrafya Dergisi, Cilt 0, Sayı 41, s. 35 Ankara.
- Hozatlıoğlu, D., Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2020. Göksun, Afşin ve Ekinözü Kahramanmaraş Metamorfitlerindeki Fillosilikatların Jeokimyasal Özellikleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, Sayı 64, s. 47-48 Ankara.
- İstanbul Sanayi Odası (İSO), 2006. Avrupa Birliği'ne Tam Üyelik Sürecinde İstanbul Sanayi Odası Meslek Komiteleri Sektör Stratejileri Geliştirilmesi Projesi, İstanbul Sanayi Odası Yayınları Araştırma Şubesi ve Cem Ofset Matbaacılık, İstanbul.
- Kahramanmaraş Tarım Master Plan Raporu, 2006. İl Tarım ve Kırsal Kalkınma Master Planlarının Hazırlanmasına Destek Projesi, Tarım ve Köy işleri Bakanlığı, K.Maraş Tarım İl Müdürlüğü.
- Karademir, N., Ersinkaya, S., Urhan, F. B., 2018. Kahramanmaraş'ta Turizm Algısı", Doğu Coğrafya Dergisi, Sayı 39, s. 45-56-64 Ankara.
- Karademir, N., Ersinkaya, S., Urhan, F. B., 2018. "Sağlık Turizmi Açısından Ekinözü İçmeleri, Electronic Turkish Studies, Sayı 2, s. 421 Ankara.
- Kopar, İ., 2002. Erdemli Kayseri Maden Suyu Kaynağının Rekreasyon Alanı Olarak Planlanması. Doğu Coğrafya Dergisi, Cilt 7, Sayı 7, s. 89-107 Erzurum.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 2001. Kahramanmaraş İli Maden ve Enerji Kaynakları, 2001-2005 MTA Raporu, Ankara
- Şahin, S&Şahin, İ., 2020. Türk Tarihi Açısından Dunhuang Bölgesinde Ortaya Çıkan Bulguların Önemi ve Türk Kâğıt Baskı Tekniklerinin Araştırılması, Meczua, Sayı 10, s. 298 Adıyaman.
- Ögenler, O & Okuyaz, S., 2017. Türkiye'de Suyun Durumu Hakkında Kısa Bir Değerlendirme, Lokman Hekim Dergisi, Cilt 7, Sayı 3, s. 183 Mersin.
- Öztürk, M & Bayat, M., 2011. Uluslararası Turizm Hareketinde Sağlık Turizminin Rolü ve Kalite Çalışmalarının Önemi Bir Literatür Çalışması, K.Maraş İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, s. 144, Kahramanmaraş.
- Ülker, İ. 1988. Sağlık Turizmi ve Kaplıca Sularımızın Değerlendirilmesi, Turizm Yıllığı (1986), s. 205, Ankara.

Ekler-

  
T.C.  
KAHRAMANMARAŞ VALİLİĞİ  
Halk Sağlığı Müdürlüğü

SAYI : 20420385-121/01

KONU: Kaplıca (İçmece) suyu analiz sonuçları

*EKİNÖZÜ İLÇE BELEDİYE BAŞKANLIĞI*  
..... K. MARAŞ

İlimiz Ekinözü İlçesinde, içme kürü birimleri olarak işletilen İçmelere ait kaynaklar olan aşağı, orta ve yukarı çeşmelerden alınan Kaplıca (İçmece) suyu aynı bölgeden alınan Peloid (çamur) numuneleri yetkili Laboratuvarlarda, 24.04.2001 tarih ve 24472 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan Kaplıcalar Yönetmeliğinin 18. Maddesi doğrultusunda ruhsata esas olarak yapılarak, analiz sonuçları ile inceleme ve tespit kurulunun raporları Türkiye Halk Sağlığı Kurumuna gönderilmiştir.

Kurum tarafından gönderilen ilgi cevabi yazıda Kaplıca (İçmece) suyu ve peloid numunelerinin analiz sonuçlarının "Kaplıcalar Yönetmeliği" kapsamında tıbbi değerlendirme kurulu tarafından yapılan değerlendirmede bu kaynaklarla ilgili olarak eksik parametre analizlerinin tamamlanması ve bazı uygunsuz parametre analizlerinin tekrar yapılması istenmiştir.

Bu talep üzerine Adana Halk Sağlığı Laboratuvarında içmece sularına ait tüm analizler yaptırılmış ve alınan sonuçların değerlendirilmesi tıbbi kurulca yapılmıştır. Ancak aşağı içme kaynağından alınan numunenin arsenik parametresinde analizler defaten yapılmasına rağmen Kaplıcalar Yönetmeliğine uygun sonuçlar alınamamıştır.

Bu nedenle aşağı içme havza ve kaynağında yapılan inceleme sonucu hazırlanan 02.09.2015 tarihli İnceleme ve Tespit Kurulu Raporu doğrultusunda aşağı içme kaynağında arsenik parametresinin uygun hale getirilmesi için gerekli ıslah çalışmalarının yapılması, beslenme havzasına doğru kaynağın yer aldığı jeolojik formasyon, topografik ve hidrojeolojik şartlar göz önüne bulundurulmuş Belediyeye Başkanlığınızca yapılmalı ve ilgili önlem alınmalıdır.

Bu bağlamda içme kürü olarak kullanılan doğal tedavi unsurlarının 18. maddede belirtilen laboratuvarlarda yapılan analizlerin ilgili Yönetmeliklerde öngörülen parametrelerdeki sınırların dışına çıktığından " Kaplıcalar Yönetmeliği " uyarınca tesisin faaliyetinin geçici olarak durdurulması (içme kürü olarak kullanılmaması ve içilemez vb uyarı levhalarının çeşmeye asılması) ve gerekli ıslah çalışmaları yapılması sonrasında tekrar alınan numunenin ilgi yönetmeliğe uygun olması halinde işletmenin faaliyetine devamına izin verilmesi ve izlemeye alınması gerekmektedir.

Bilgilerinizi ve gereğini arz ederim.

Dr.M.Abid BAŞARICI  
Halk Sağlığı Müdürü.V

*02.09.2016*  
*Sahin*  
*Y. Uras*  
*AM*



**Ekler :**  
Ek:1- Aşağı İçme Tıbbi Değerlendirme Raporu (..... sayfa)  
Ek:2- Arsenik Sonuçları (..... sayfa)  
Ek:3- Aşağı İçme İnceleme ve Tespit Kurulu Raporu (..... sayfa)

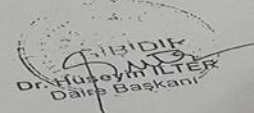
**DAĞITIM:**  
Kahramanmaraş Büyükşehir Belediye Başkanlığı  
Ekinözü İlçe Belediye Başkanlığı

*HAVFİ ÖNCÜL*  
Belediye Başkanı.

**EKİNÖZÜ BELEDİYESİ**  
Kayıt No : ..... 665 .....  
Kayıt Tar. : 01.08.2016  
Servisi : 102.İç.İ.H.S.


Yörükselimi Mah. Gazi Mustafa Kuşçu Cad. No:19 46050/ONIKIŞUBAT Ayrıntılı Bilgi İçin İrtibat:A.ÖZBALIKÇIOĞLU  
Telefon No: 0344 225 16 10 Dahili : 1164 Fax No: 0344 221 22 41 a.ozbalikcioglu@hotmail.com


 <p>SAĞLIK BAKANLIĞI T.C. Halk Sağlığı Kurumu AHSL</p>	<p>T.C. ADANA VALİLİĞİ Halk Sağlığı Müdürlüğü Halk Sağlığı Laboratuvarı ANALİZ RAPORU</p>	 <p>TÜRKAK Test TS EN ISO/IEC 17025 AB-0553-T</p>
Sayı :		Sayfa No :2 / 2
Konu :		Tarih :20.07.2016
		Protokol No :180132
<p>Deney sonuçlarının değerlendirilmesi: Analizi yapılan Kaplıca suyu numunesi;24.07.2001 Tarih 24472 sayılı resmi gazetede yayınlanan Kaplıcalar Yönetmeliğine göre çalışılmış olup, analiz neticesini bildirir rapordur.</p>		
<p>Açıklamalar: - Numune tarafımızca alınmamış olup, Adana Halk Sağlığı Laboratuvarı Numune Kabul Talimatına uygun olarak kabul edilmemiştir. - Bu rapordaki sonuçlar yukarıda belirtilen numune için geçerlidir. Bu raporun hiçbir bölümü tek başına veya aynı amaçla kullanılmaz ve Adana Halk Sağlığı Laboratuvarı'nın yazılı izni olmadan çoğaltılamaz, imzасız ve mübaysuz raporlar geçirmezdir. - Koyu renkte yazılmış olan analiz sonuçları ilgili mevzuat limitleri dışındadır.</p> <p>(1) 17 Subat 2005 tarih ve 25730 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan İstisna Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. (2) ... ölçümün ölçüm belirsizlikleri Müşteri talebi veya yasal mevzuatlar zoruyla kısıtlı durumlarda belirtilir. TKL Tüketicilere kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok kob (CO<sub>2</sub>): Koloni oluşuma birim (colony forming unit) (*) Parametreler TÜRKAK tarafından akredite edilmemiştir. (**) Parametreler parametrik değerler ilgili standart/yönetmelikte yer almamaktadır. (***) Bu parametrelerin tayin limitleri mg/l cinsinden hesaplanmıştır. Tayin limiti sütununda *** ibaresi olmayan parametrelerin tayin limitleri µg/l cinsinden hesaplanmıştır. (****) Düzeltilmiş olan kısım. (*****) Değerlendirilmeyen parametre.</p>		
<p>Kimyager Murat TOPÇU Su Kimya Lab.Sorumlusu</p>		
<p>ONAY Uzm. Dr. Sıraç ÜRE Halk Sağlığı Laboratuvar Sorumlusu</p>		
<p>Sağlığı Laboratuvarı Resatbey Mah. Stadyum Karşısı No:51 01120 Seyhan/ ADANA Tel: 0.322 453 47 23 - 458 26 01 Faks:0322 453 34 19 ta: adana.hsl@tshk.gov.tr Elektronik Ağ: www.adanahslm.gov.tr No:F81/AHSL/01 Evrakin elektronik imzalı suretine <a href="http://e-belge.saglik.gov.tr">http://e-belge.saglik.gov.tr</a> adresinden d8912ed0-9fbb-4390-981a-4055ca1c49c4 kodu ile erişebilirsiniz. Bu belge 5070 sayılı elektronik imza kanuna göre güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.</p>		

<p>TIBBİ DEĞERLENDİRME KURULU RAPORU</p>	
1-Kaynak Adı: Ekinözü, Aşağı İçmeler, Kahramanmaraş	
2-Değerlendirme Tarihi: 09.05.2016	
3-Analiz Raporuna Göre Doğal Tedavi Unsurunun Niteliğinin Tanımlanması : (Suyun /peloidin tanımı) : Toplam mineralizasyonu 2341 mg/L olan minerali su.	
4-Niteliğine Göre Doğal Tedavi Unsurunun Tıbbi Balneolojik Tanımlanması :	
Kaynak içme körllerinde kullanılabilecek mineral yapısına sahiptir. Ancak arsenik değeri yüksektir (0,02 mg/L). Bu haliyle içme kürü olarak kullanılması uygun değildir. Arsenik düzeylerinin takip edilip normal düzeylere (0.01 mg/L) ulaşması halinde tekrar müracaat edilmesi uygundur.	
5-Tıbbi Değerlendirme Kurulunun Bu Kaynakta Kurulması Muhtemel Tesisle İlgili Önerileri:	
<p>KOMİSYON ÜYELERİ</p>	
<p> Dr. Hüseyin ALTIN Daire Başkanı</p>	



T.C  
ADANA VALİLİĞİ  
ADANA HALK SAĞLIĞI MÜDÜRLÜĞÜ  
ADANA HALK SAĞLIĞI LABORATUVARI  
ANALİZ RAPORU



  
T.C. Sağlık Bakanlığı  
Türkiye Halk Sağlığı Kurumu

  
TÜRKAK  
TS EN ISO/IEC 17025  
AB-0853-T

İlgi Yazı Tarihi ve Sayısı	27.07.2016 / 705				
Numunenin Kuruma Geliş Tarihi/Saati	27.07.2016 / 13:47				
Protokol No	2016/362 - 2 2002745	2016/362			
CSBYS No	---	09.08.2016			
Numuneyi Gönderen Kişi/Kurum/Kuruluş	KAHRAMANMARAŞ HALK SAĞLIĞI MÜDÜRLÜĞÜ				
Numunenin Alındığı Adres	/EKİNÖZÜ/KAHRAMANMARAŞ				
Numune İzleme Noktası	AŞAĞI İÇMECE KAYNAK ÇIKIŞI				
Numunenin Geliş Sebebi	KONTROL İZLEMESİ TAKİP	SEÇİMLİ ANALİZLER			
Numunenin Alındığı Tarih - Saat / Alınış Nedeni	27.07.2016 - 11:00	Diğerleri			
Numune Grubu	SU ANALİZLERİ				
Numunenin Cinsi / Adı /Markası /Üret.Firma Adı	KAPLICA SUYU	---			
Numunenin Ambalaj Şekli / Etiket / Miktarı	PET ŞİŞE	ETİKETSİZ 1*1,5LT			
Numunenin Üret.Tar./ Son Kul.Tar./ Parti No/ Seri	---	---			
Numunenin Mühür Durumu / Tutanak-Sözleşme Tarihi / No	MÜHÜRLÜ	---			
Numuneye Edilecek Kişi/Kurum/Kuruluş	KAHRAMANMARAŞ EKİNÖZÜ BELEDİYESİ				
Numunenin Alınış Tarihi ve No / Dekont Tarihi ve No	---	---			
Numunenin Durumu	Analize Uygun	---			
Analize Başlama/Bitiş Tarihi	27.07.2016 14:16	09.08.2016 11:35			
Numunenin Alınış Tarihi	09.08.2016 11:35				
<b>KİMYASAL ANALİZLER</b>					
Çalışılan Analizler	Birim	Yöntem	Tayin Limiti (LOQ)	Mevzuat Limiti	Analiz Sonucu
arsenik	mg/L	ISO 17294-2	0,001		0,028



T.C  
ADANA VALİLİĞİ  
ADANA HALK SAĞLIĞI MÜDÜRLÜĞÜ  
ADANA HALK SAĞLIĞI LABORATUVARI  
ANALİZ RAPORU

  
T.C. Sağlık Bakanlığı  
Türkiye Halk Sağlığı Kurumu

İlgili Yazı Tarihi ve Sayısı	27.07.2016 / 705	
Numunenin Kuruma Geliş Tarihi/Saati	27.07.2016 / 13:47	
Protokol No	2016/362 - 2 2002745	2016/362
CSBYS No	---	09.08.2016

**Değerlendirme :** Sonuçlar çalışılan analizler yönünden 24.07.2001 tarih ve 24472 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanan Kaplıcalar Yönetmeliği'ne göre uygundur.

**Açıklamalar:**

- Sonuçlar 24.07.2001 tarih ve 24472 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Kaplıcalar Yönetmeliğine göre değerlendirilmektedir.
- Koyu renkte yazılmış olan analiz sonuçları ilgili mevzuat limitleri dışındadır.
- Numune tarafımızca alınmamış olup, ADANA HALK SAĞLIĞI LABORATUVARI Numune Kabul/Red Kriterleri Talimatına uygun olarak kabul edilmiştir.
- Bu rapordaki sonuçlar ve görseller yukarıda belirtilen numune ve deneyi yapılan numune için geçerlidir. Bu raporun hiçbir bölümü tek başına veya kısmen kullanılamaz ve ADANA HALK SAĞLIĞI LABORATUVARI'na izni olmadan çoğaltılamaz. İmzasız raporlar geçersizdir. Özet istek numune analiz raporları adı ve idari işlemlerde ve reklam amaçlı kullanılamaz.
- Genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri müşteri talebi veya yasal mevzuatlar zorunlu kıldığı durumlarda belirtilir.
- TKEDY: Tüketicilerce kabul edilebilir veya herhangi bir anormal değişim yok.
- Uygunluk değerlendirmesi ölçüm belirsizliği çıkarıldıktan sonra yapılmıştır ve ölçüm belirsizliği çıkarılmış değer raporlanmıştır.
- k...fu): Koloni oluşturan birim (colony forming unit)
- \* İle işaretli deneyler akreditasyon kapsamındadır.


Birim Sorumlusu  
**MURAT TOPÇU**  
Kimyager

Laboratuvar Sorumlusu  
**SIRAÇ ÜRE**  
Uzman Doktor

Evrakın elektronik imzalı suretine <http://e-belge.saglik.gov.tr> adresinden <http://193.174.114.117> kodu ile erişebilirsiniz.

Teşatbey Mah. Sıhhiye Kurumları/ Nispetiye/ Beşiktaş/ İstanbul/ Türkiye/ Telefon: +90 212 453 4723/ Faks: +90 212 453 4719 E-posta : [adana.hsl@thsk.gov.tr](mailto:adana.hsl@thsk.gov.tr) Elektronik Ağ : [www.adanahsm.gov.tr](http://www.adanahsm.gov.tr)

T.C  
ADANA VALİLİĞİ  
ADANA HALK SAĞLIĞI MÜDÜRLÜĞÜ  
ADANA HALK SAĞLIĞI LABORATUVARI  
ANALİZ RAPORU

  
TS EN ISO IEC 17025  
AB-0553-T

T.C Sağlık Bakanlığı  
Türkiye Halk Sağlığı Kurumu

İlgi Yazı Tarih ve Sayısı	27.07.2016 / 705
Numunenin Kuruma Geliş Tarihi/Saati	27.07.2016 / 13:47
Protokol No	2016/362 - I 2002744
CSBYS No	---

2016/362
09.08.2016

Numuneyi Gönderen Kişi/Kurum/Kuruluş	KAHRAMANMARAŞ HALK SAĞLIĞI MÜDÜRLÜĞÜ		
Numunenin Alındığı Adres	/EKİNÖZÜ/KAHRAMANMARAŞ		
Numune İzleme Noktası	AŞAĞI İÇMECE KAYNAK ÇIKIŞI		
Numunenin Geliş Sebebi	KONTROL İZLEMESİ TAKİP	SEÇİMLİ ANALİZLER	
Numunenin Alındığı Tarih - Saat / Alınış Nedeni	27.07.2016 - 11:10	Diğerleri	
Numune Grubu	SU ANALİZLERİ		
Numunenin Cinsi / Adı / Markası / Üret.Firma Adı	İÇME KULLANMA SUYU	---	---
Numunenin Ambalaj Şekli / Etiket / Miktarı	PET ŞİŞE	ETIKETSİZ	1*1,5LT
Numunenin Üret.Tar./ Son Kul.Tar./ Parti No/ Seri	---	---	---
Mühür Durumu / Tutanak-Sözleşme Tarihi / No	MÜHÜRLÜ	---	---
Fatura Edilecek Kişi/Kurum/Kuruluş	KAHRAMANMARAŞ EKİNÖZÜ BELEDİYESİ		
Makbuz Tarih ve No / Dekont Tarih ve No	---	---	
Numunenin Durumu	Analize Uygun	---	
Analize Başlama/Bitiş Tarihi	27.07.2016 14:16	09.08.2016 11:35	
Raporlama Tarihi	09.08.2016 11:35	---	

KİMYASAL ANALİZLER					
Çalışılan Analizler	Birim	Yöntem	Tayin Limiti (LOQ)	Mevzuat Limiti	Analiz Sonucu
Arsenik	µg/L	ISO 17294-2	1	10	25,1

Evrakin elektronik imzalı suretine <http://e-belge.saglik.gov.tr> adresinde bulunabilir. E-posta: adana.hsl@thsk.gov.tr

Adana Halk Sağlığı Kurumu, Adana Valiliği, Adana Halk Sağlığı Müdürlüğü, Adana Halk Sağlığı Laboratuvarı, Adana, Türkiye. Tel: 0322 543 4725 Fax: 0322 455 5419 E-posta: adana.hsl@thsk.gov.tr Elektronik Ağ: adanahsm.gov.tr

EK-1

KAYNAK İÇİN İNCELEMAYA ESAS İNCELEME VE TESPİT KURULU RAPORU

1- TERMAL VE MİNARELLİ SU İÇİN BAŞVURU BİLGİLERİ

Tarih: 09.02.2016

Kaynak Adı : Aşağı İçme  
Başvuru Sahibi : Ekinözü Belediye Başkanlığı  
Analiz Amacı : Kaplıca Tesisi Ruhsatına Esas  
Analiz Tipi : İzin Başvurusu Kaplıcalar Yönetmeliği

KAYNAK BİLGİLERİ

Genel : Aşağı İçme Doğal Minarelli Su Kaynağı  
Aşağı İçme Mahallesi Cumhuriyet Caddesi Ekinözü/ KAHRAMANMARAŞ

Örnek Alınma Yeri : Aşağı İçme Doğal Minarelli Su Kaynağı Çıkışı

Örnek Alınma Tarihi : 15.09.2015 tarihinde Halk Sağlığı Müdürlüğünce alınarak kimyasal, mikrobiyolojik analizleri İstanbul 1.Halk Sağlığı Laboratuvarı ve Radyoaktivite analizleri Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Çekmece Nükleer Araştırma Ve Eğitim Merkezinde yaptırılmış olup uygun analiz sonuçları mevcuttur.

Rakım ve Genel Coğrafik Tanım: Yukarı İçme Doğal Minarelli Su Kaynağı çıkış Yeri 37 17382 – 38 03215 Kuzey Koordinatlarında kaynak kotu rakımı yaklaşık 1150 metredir. Kaynak Yeri meyilli bir arazidir.

Jeolojik Durumun Kısaca Tanımlanması : Aşağı içme kaynağının, MTA çalışmalarında muhtemelen alüvyonlar altında örtülü durumdaki Paleozoyik yaşlı şistler ile Mesozoyik yaşlı ofiyolitlerin dokanağından, Cela deresine paralel bulunan muhtemel fay hattından çıktığı ifade edilmektedir. Eski çalışmalarda debisinin 0,485-0,55 L/s, sıcaklığının ise 13-14,7 °C arasında değiştiği belirtilmiştir.

Çevredeki yapılaşma ve kirlenmeye yol açabilecek durumların Tanımlanması: Doğal Minarelli Su Kaynağı çevresine göre kot olarak 3-4 metre zemin altında beton bir yapı içerisinde 3 çeşme halinde akmakta olup; Kaynağın çevresinde herhangi bir koruma önlemi alınmamıştır. Kaynağın çevresinde batı yönünde yaklaşık 15 metrede otel ve işyerleri, doğu yönünde yaklaşık 20 metre mesafede otel ve işyerleri, kuzey yönünde yaklaşık 20 metre mesafede prefabrik işyerleri, sonrasında park, güney yönünde yaklaşık 50 metre mesafede işyerleri ve otel bulunmaktadır.

Bölgede kanalizasyon mevcut olup kaynağın kuzeyinde beslenme alanında cela deresi ve kanalizasyon beton yapı içerisinde gelerek kaynağın 2-3 metre yakınından batı yönünden geçmektedir.

Kaynağın çevresinde kirlenmeye yol açabilecek endüstriyel tesis bulunmamakta olup, bölgede tarımsal faaliyet yapılmaktadır. Yönetmelik gereği, bu bölgede yapılan tarımsal faaliyetlerde kimyasal ilaç ve zirai gübre kullanılmaması ve suyun niteliğini etkileyecek faaliyetlere izin verilmemesi gerekmektedir.

Kaynağın beslenme alanı dereden kaynaklı yüzeysel yağış ve yeraltı sularından etkilenerek tatlı su karışımı ve kanalizasyon riski altında olup; deredeki sular kaynaktan 100 metre yukarıdan itibaren üstü kapalı olarak beton kanala alınmış ayrıca kanalizasyon suları da bu kanal içerisinde boruya alınarak kaynağın yanından geçirilmiştir. Ayrıca kaynağın derenin geçtiği yönüne beton set yapılarak dere suyu ve kanalizasyonun karışma riski önlenmeye çalışılmıştır. Kaynağın dışarıdan gelebilecek bu kirlenmelerden etkilenmemesi için kapalı bir şekilde korumaya alınması, suya geçebilecek kirlilik ve bulaş önlenemediğinde kanalizasyonun ve içerisinde geçtiği derenin yönünün değiştirilmesi gerekmektedir.

Bu bağlamda kaynağın çıktığı yerden itibaren kaynağın beslenme havzasına doğru kaynağın yer aldığı jeolojik formasyon, topografik ve hidrojeolojik şartlar göz önüne alındığında (kaynağın veya çıkış noktasının etrafında bırakılacak koruma alanı mesafesi olarak) kuzey yönünde en az 100 (yüz) metre, doğu ve batı yönlerinde en az 50 (elli) metre, güneyde mansabı yönünde 25 (yirmibeş) metre yarı çapında koruma alanı oluşturulması gerektiği mütalaa edilmektedir.

Kaynak veya Sondaja ait Özellikler :

Derinlik : 5( beş ) metredir.

Sondaj Çapı:

Sondajda Kullanılan Boru Tipi :

Diğer Özel İletim Tekniklerinin Tanımı :

Debi: İnceleme yapılan tarih itibarıyla 3 çeşmenin toplam debisinin 0,654 L/s olduğu tespit edilmiştir


Suyun Akış Özelliği : Su kaynaktan kendi cazibesi ile 3 adet çeşme aracılığıyla akmaktadır.

Örnek Alındığı Andaki Saat: -----

27

R. J. N. A. M.

T.C.  
ADANA VALİLİĞİ  
ADANA HALK SAĞLIĞI MÜDÜRLÜĞÜ  
ADANA HALK SAĞLIĞI LABORATUVARI  
ANALİZ RAPORU

  
T.C. SAĞLIK BAKANLIĞI  
AN-08331

İlgi Yazı Tarihi ve Sayısı	27.07.2016 / 705	
Amunenin Kuruma Geliş Tarihi/Saati	27.07.2016 / 13:47	
Protokol No	2016/362 - 2	2002745
SBYS No	---	---

2016/362  
09.08.2016

Değerlendirme : Sonuçlar çıkarılan analizler yönünden 24.07.2001 tarih ve 24472 sayılı Resmî Gazete' de yayımlanan Kaplıcalar Yönetmeliği'ne göre uygundur.

**İklimler:**  
Özellikler 24.07.2001 tarih ve 24472 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Kaplıcalar Yönetmeliğine göre değerlendirilmektedir.  
Özellikler yazılım olan analiz sonuçları ilgili mevzuat hükümlerinde belirtilmiştir.  
Özellikler tarafımızca alınmamış olup, ADANA HALK SAĞLIĞI LABORATUVARI Numune Kabul/Red Kriterleri Talimatına uygun olarak kabul edilmiştir.  
Özellikler raporları sonuçlar ve ölçümler yukarıda belirtilen numune ve deneyi yapılan numune için geçerlidir. Bu raporun hiçbir bölümü tek başına veya kısmen kullanılmamalı ve ADANA HALK SAĞLIĞI LABORATUVARI'na izni alınmadan çoğaltılmamalıdır. İzinsiz raporlar geçersizdir. Özetli özet numune analiz raporları adli ve idari işlemlerde ve reklam amaçlı kullanılmamalıdır.  
İzinsiz ölçüm belirsizlikleri müşteri talebi veya yasal mevzuatlar zorunlu olduğu durumlarda belirtilir.  
KBT'ye: Tüketicilerce kabul edilebilir veya herhangi bir anormal değişim yok.  
İy: A değerlendirmesi ölçüm belirsizliği çıkarıldıktan sonra yapılmıştır ve ölçüm belirsizliği çıkarılmış değer raporlanmıştır.  
ok (fot): Kaliteli olmayan birim (kolonye birim) kullanılmıştır.  
İle ilgili deneyler akreditasyon kapsamındadır.

Birim Sorumlusu <b>MURAT TOPÇU</b> Kimyager	Laboratuvar Sorumlusu <b>SIRAÇ ÖRE</b> Uzman Doktor
---------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------

Evrakın elektronik imzalı suretine <http://e-belge.saglik.gov.tr> adresinden <http://e-belge.saglik.gov.tr> adresinden dd49f63b-ecf4-4bd4-af06-044ed9117cd8 kodu ile erişebilirsiniz.  
Reşatbey Mah.Stadyum Karşısı No:51 01120 Seyhan/ADANA Tel:0.322 453 47 23-458 26 01 Faks No: 0322 453 9419 E-posta : adana.hsl@tsk.gov.tr Elektronik AŞ : www.adana.hsl.gov.tr

T.C.  
ADANA VALİLİĞİ  
Halk Sağlığı Müdürlüğü

ADANA HALK SAĞLIĞI MÜDÜRLÜĞÜ - ADANA HALK SAĞLIĞI LABORATUVARI  
16-08-2016 10:38 - 38694385 - 360.03 - E-4300  
00028173526

Sayı : 38694385/360.03  
Konu : Kaplıca Suyu

**KAHRAMANMARAŞ HALK SAĞLIĞI MÜDÜRLÜĞÜNE**

İlgi : 27/07/2016 tarihli ve 96664742-129-96664742-129-705 sayılı yazınız.

İlgi yazı ile Laboratuvarımıza gönderilmiş olan Kaplıca Suyu numunelerinin analizleri yapılmış olup, analiz raporları ekte yer almaktadır.  
Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Uzm. Dr. Sıraç ÖRE  
Halk Sağlığı Laboratuvar Sorumlusu

**EKLER:**  
1- 2002745  
2- 2002744

Adana Halk Sağlığı Laboratuvarı Reşatbey Mah.Stadyum Karşısı No:51 01120 Seyhan/ADANA Tel:0.322 453 47 23-458 26 01 Faks No: 0322 453 9419 E-posta : adana.hsl@tsk.gov.tr Elektronik AŞ : www.adana.hsl.gov.tr  
Bilgi için:RUHAN YAVUZ  
Unvan:HEMŞİRE  
Telefon No: 0322 453 9419  
Evrakın elektronik imzalı suretine <http://e-belge.saglik.gov.tr> adresinden dd49f63b-ecf4-4bd4-af06-044ed9117cd8 kodu ile erişebilirsiniz.  
Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu gereğince elektronik ortamda elektronik imzalıdır.

### Ekinözü Demir madeni laboratuvar verileri:

kte analiz belgesi vardır. Tesis hakkında kısaca şu bilgiyi verim. Bu tesisin değirmenlerinden çıkan madenin tenörü min. %64 dur. Diğer spekleri analizde yazmaktadır. Ayda 25.000 ton mikronize edilmiş (0.75 ile 0.85 arasında)

 <b>LİMAN KİMYA LAB</b>	<b>LİMAN KİMYA ANALİZ LABORATUVARI DENEY RAPORU</b>	
Tel : 0.216.488 96 25 0.216.306 72 88 0.216.374 82 63 Fax : 0.216.488 96 25	İnönü Cad. Verim San. Sitesi A Blok K:2 No: 8 Esentepe/Kartal İstanbul Limanlab@superonline.com	

Rapor No:25814

Firma Bilgileri	
Adı	Euroasia Madencilik San. ve Tic. A.Ş.
Adresi	Şenlikköy Mah. İmbat Sok 3-3 Florya-Bakırköy-İstanbul
Tel / Fax	0.212.244 99 94 – 84 / 0.212.244 99 24- 507.243.77.33

Numune Bilgileri			
Lab. No	C1207116	Geliş Tarihi	02.07.2012
Cinsi	Demir Cevheri	Bitiş Tarihi	03.07.2012
Kodu	-	Rapor Tarihi	03.07.2012
Numunenin Alınışı	Numune alma işlemi müşteriye aittir		
Numune Saklama	Analiz edilen numune 1 ay saklanır.		

### ANALİZ SONUÇLARI

Toplam Fe	% 64.11
SiO <sub>2</sub>	% 4.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% 0.58
P	% 0.018
S	% 2.73

Analiz sonuçları test edilen numuneye aittir.

<b>Deney Sorumlusu</b>  Nefi Yılmaz	<b>Onaylayan</b>  Haluk Liman Lab. Müdürü
-------------------------------------------	----------------------------------------------------



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 12.10.2022  
Kabul Tarihi : 01.11.2022

Received Date : 12.10.2022  
Accepted Date : 01.11.2022

### SİNYALİZE BİR KAVŞAKTA PERFORMANS ANALİZİNİN YAPILMASI VE SİNYAL PLANININ EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

#### ANALYSING PERFORMANCE OF A SIGNALIZED INTERSECTION AND INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SIGNAL PLAN ON EXHAUST EMISSIONS

*Bahadır ERSOY ULUSOY*<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0003-3367-8312)  
*Sevil KÖFTECİ*<sup>2\*</sup> (ORCID: 0000-0002-5096-2545)

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Sevil KÖFTECİ, skofteci@akdeniz.edu.tr

#### ÖZET

Karayollarında kavşakların sundukları hizmet, yol ağlarının bu bölümlerinde oluşan gecikme, bekleme süreleri ve kuyruklanmalar ile ölçülmektedir. Kavşağın performansını göstermekte olan bu parametrelerdeki artış, sürücü davranışlarını, seyahat kalitesini ve kavşağın hizmet düzeyini olumsuz etkilemektedir. Kavşaklarda oluşan uzun bekleme süreleri, yalnızca seyahat kalitesi bakımından değil, aynı zamanda taşıtların gaz salınımları (CO, NO<sub>x</sub>, VOC) ve oluşturdukları ses kirliliği sebebiyle, olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu çalışmada, Antalya kent içi trafiği bakımından önem arz eden Konyaaltı İlçesi'ndeki sinyalize bir kavşak incelenmiştir. Yoğun trafik, sabah ve akşam saatlerinde video kamera ile kaydedilmiştir. Saha çalışmalarından elde edilen trafik verileri ve kavşağın geometrik özellikleri kullanılarak kavşak, bilgisayarda Vissim programı aracılığıyla modellenmiştir. Kavşaklardaki motorlu taşıt kaynaklı çevre kirliliğinin sinyal planında değişiklik yapılarak azaltılabileceğinin araştırılabilmesi için, Vissim programında yeni sinyal planı ile bir durum oluşturulmuş ve analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, sinyalize kavşakların sinyal planlarının, kavşaktaki gecikmelere ve dolayısıyla taşıtların egzoz emisyonlarına etki ettiği görülmüştür. Sinyal planında yapılan değişikliklerle, kavşağı kullanan araçların uzun bekleme sürelerinden dolayı sebep oldukları yoğun egzoz emisyonlarının ve artış gösteren yakıt tüketimlerinin azaltılabileceği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çevre kirliliği, egzoz emisyonları, kavşak analizi, simülasyon, trafik yönetimi

#### ABSTRACT

The service offered by the intersections is measured with the delays, waiting times and queuing that occur in these parts of the road networks. Long waiting times at intersections have negative effects on the environment, not only in terms of travel quality but also due to gas emissions (CO, NO<sub>x</sub>, VOC) from vehicles and the sound pollution they create. In this study, a signalized intersection in the Konyaaltı District, which is important in terms of Antalya urban traffic, was examined. Heavy traffic was recorded with a video camera during the morning and evening hours. The intersection was modelled on the computer using the Vissim program. In order to investigate whether the environmental pollution caused by motor vehicles at the intersections can be reduced by changing the signal plan, a situation was created with the new signal plan and analyzed in the Vissim program. As a result of the study, it has been seen that the signal plans of the signalized intersections affect the delays at the intersection and therefore the exhaust emissions of the vehicles. With the changes made in the signal plan, it has been determined that the intense

ToCite: ULUSOY, B.E. & KÖFTECİ, S., (2022). SİNYALİZE BİR KAVŞAKTA PERFORMANS ANALİZİNİN YAPILMASI ve SİNYAL PLANININ EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Özel Sayı), 144-150.



exhaust emissions caused by the long waiting times of the vehicles using the intersection and the increasing fuel consumption can be reduced.

**Keywords:** Environmental pollution, exhaust emissions, intersection analysis, simulation, traffic management

## GİRİŞ

Ülkemizde yolcu ve yük taşımacılığı bakımından ulaşım, büyük bir oranda karayolu taşımacılığı ile sağlanmaktadır. (Aksoy, 2019; Yiğit 2019) Karayollarının yaygın kullanımının yanı sıra, gün geçtikçe artan motorlu taşıt sayısından kaynaklı problemlerin çözümü için, daha detaylı araştırmalar ve faydalı uygulamalar yapabilmek adına, kavşak analizleri, akıllı ulaşım sistemleri ve trafik yönetimi üzerine çalışmalara yoğunlaşmıştır. (Cheng, Pang, Pavlou, 2020; Madziel, Campisi, Jaworski, Kuszewski, Wos, 2021; Liang, Xiao, Flötteröd, 2021).

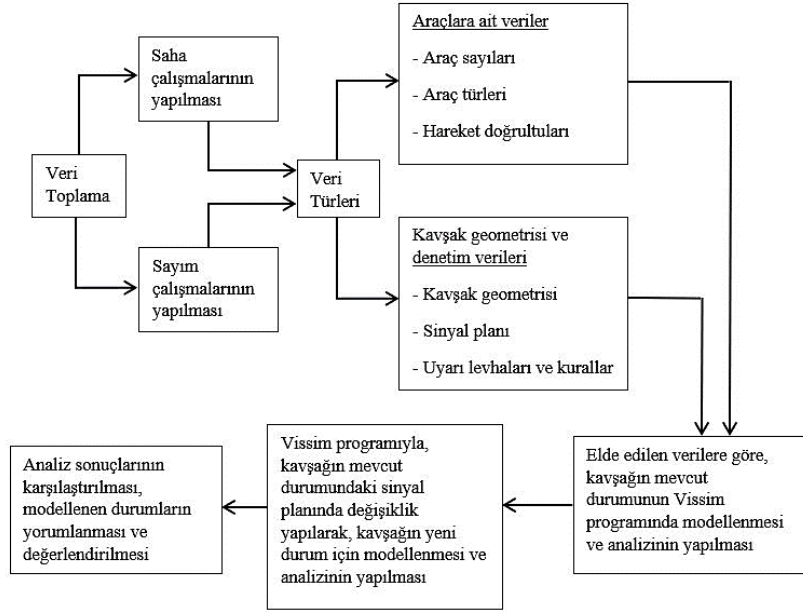
Eşdüzey kavşaklar; aynı düzlemde bulunan ve farklı yönlerdeki trafik akımlarının birlikte kullandığı ortak alan olarak tanımlanabilir. Bu sebeple, özellikle araçların ve yayaaların bir arada bulunduğu kent içi yollarda eşdüzey kavşaklar büyük önem taşımaktadır. Yayla (2006), kavşakları; trafik akımlarında en fazla kuyruklanmanın, gecikmenin ve kazaların gerçekleştiği yerler olarak belirtmiş ve bundan dolayı ayrıntılı şekilde analizlerinin yapılarak planlanmasının ve ona göre inşa edilmesinin gerekliliğini vurgulamıştır. Kent içi yollarda genellikle eşdüzey (hemzemin) kavşaklar uygulanmaktadır. Katlı kavşaklar, trafik yoğunluğunu azaltmak ve kavşak performansı açısından en uygun çözüm olmasına rağmen, yüksek yapım maliyetleri sebebiyle öncelikli olarak başka çözümler aranmaktadır. Çözüm yollarından en önemlisi eşdüzey kavşak kontrolünün trafik ışıkları ile sağlanmasıdır. Trafik ışıkları güvenlik bakımından kavşağa katkı sağlamaktadır, ancak; araçların ve yayaaların bekleme sürelerini arttırması ve gecikmeye sebep olması kavşaklar için en büyük dezavantajdır. Bu sebeple, kavşakta taşıtların bekleme durumuna ait trafik yoğunluğunun saptanmasında ve ışıklı kavşakların sinyal zamanlarındaki düzenlemelerde gecikme çok önemli bir faktördür (Şimşir, Özkaynak, Ekmekçi,2013)

Kavşak tasarımı ve sinyalizasyon; artan nüfus, motorlu araç kullanımı ve kentleşme ile birlikte ortaya çıkan trafik sorunlarını minimuma indirmek için, güncel olarak üzerine çalışılması gereken konulardır. Doğa dostu uygulamaların yapılabilmesi için motorlu taşıt kullanımı ve sanayileşmenin zararlı etkilerinin kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bu sebeple, şehirlerdeki trafik karmaşasının sebep olduğu çevre kirliliğinin azaltılması konusunda, Antalya ilinde sinyalize bir kavşakta iyileştirme önerileri üzerine bir çalışma yapılmıştır. Trafik sayımları yapılarak kavşak mevcut durumuna ait zirve saat trafik değerleri elde edilmiş ve Vissim mikrosimülasyon program ile kavşağın mevcut durum analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonrasında sinyal planında değişiklik yapılarak, yeni durum oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni durum ve mevcut durum arasında karşılaştırma yapılarak, motorlu taşıt trafiğinden kaynaklı çevreye zararlarının azaltıldığı tespit edilmiştir.

## MATERYAL ve METOT

### Çalışma Şeması

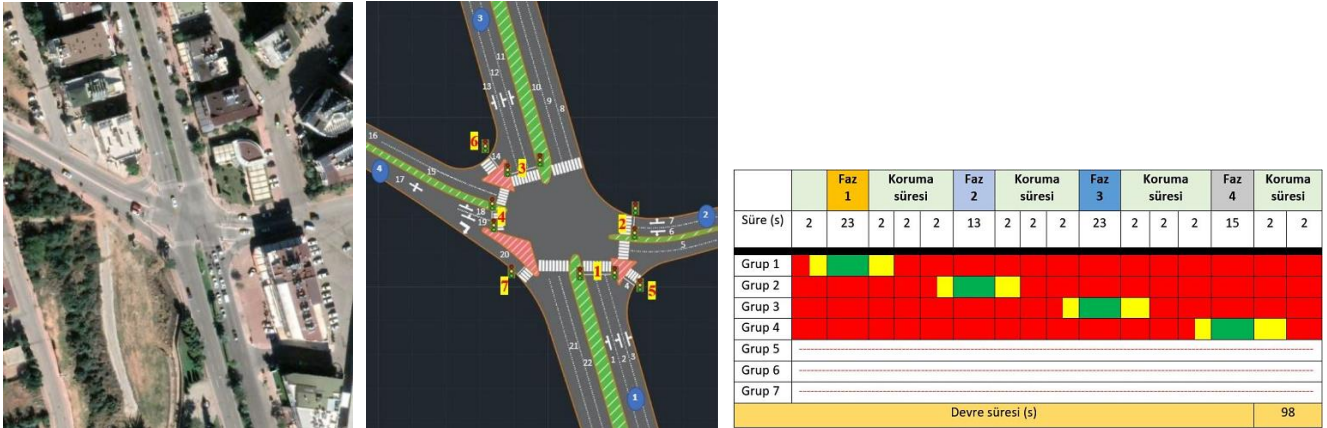
Çalışma adımlarının görsel şeması Şekil 1’de gösterildiği gibidir. Çalışmanın ilk aşamasında, kavşağa ait bilgilerin toplanabilmesi için saha çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma Şeması

Yapılan saha çalışmaları ile **a** yavaşça ait video kaydı yapılarak **b** sonrasında görüntüler izlenerek, trafik ve araç verileri **c** elde edilmiştir. Bu veriler birlikte, kavşağın mevcut durumunu Vissim simülasyon programında modellenmiştir. Modellenen mevcut durum simülasyon programında analiz edilmiştir. Daha sonrasında kavşak için sinyal planında değişiklik yapılarak, yeni durum oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni durum için de Vissim’de modelleme yapılmış ve bu senaryo, programda analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, mevcut durum ve yeni durum arasında karşılaştırmalar yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

### Çalışma Alanı



Şekil 2. a) Kavşağın Uydu Görüntüsü, b) Kavşak İşletim Planı, c) Mevcut Durum Sinyal Planı

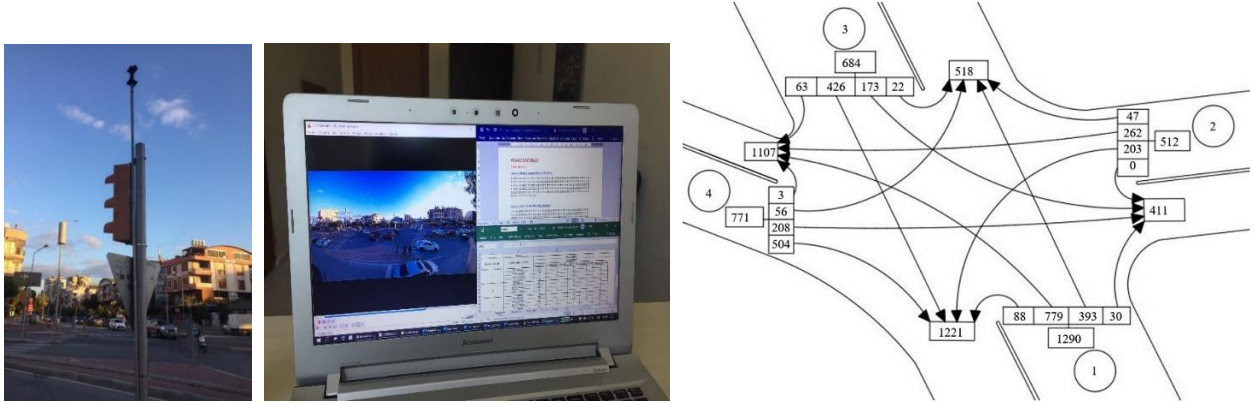
1, 2, 3, ve 4 numaralı yaklaşım kolundan gelen araçlar; U dönüş, sağa dönüş, sola dönüş ve düz gidiş hareketi yapabilmektedirler. Sağa dönüşler için kanallama yöntemi kullanılarak, trafik ışığı beklemeksizin kontrollü geçiş imkanı verilmiştir. 1, 3 ve 4 numaralı kavşak yaklaşım kollarından gelen taşıtların sağa dönüş hareketleri için birer trafik adası bulunmaktadır. Trafik adalarıyla ayrılan bu kanallama kısımlarında kırmızı flaşlar ile, sağa dönüş yapacak taşıtların, yolu kontrol ettikten sonra hareketlerine trafik ışığı beklemeden devam etmeleri sağlanmaktadır.

Mevcut sinyal planına ait görsel Şekil 2c’de gösterilmiştir. 5,6 ve 7 numaralı trafik lambaları, kırmızı flaş olarak işlemektedir ve taşıtların bir sonraki yola bağlanmalarında kontrollü geçiş imkanı sunmaktadır. 1,2,3 ve 4 numaralı sinyal grupları, kavşak yaklaşım kollarından gelen trafik akımlarına ardışık sırayla geçiş hakkı sunacak şekilde tasarlanmıştır.

Şekil 2c’de, kırmızı boyalı alanlar, kırmızı ışığı temsil etmektedir. Yeşil boyalı alanlar, yeşil ışığı; sarı boyalı alanlar, sarı ışığı ve kırmızı-sarı boyalı alanlar, kırmızı-sarı geçişli ışığı temsil etmektedir. Kırmızı kesik çizgili olarak taralı alanlar ise kırmızı yanıp sönen ışığı temsil etmektedir.

### Trafik Sayım Çalışmaları

Çalışmanın yapıldığı kavşak; Antalya ili Konyaaltı ilçesi Pınarbaşı Mahallesinde, Pınarbaşı Caddesi üzerinde bulunmaktadır. 732. Sokak ile Pınarbaşı Caddesi kesişiminde yer alan bu kavşak, hafta içi en yoğun olduğu gözlemlenen üç gün sabah 08:00-09:00 ve akşam 17:00-18:00 arası kamera kurulumu yapılarak kayıt altına alınmıştır. Yapılan sa [a] ların sonucunda zirve saat tra [b] olarak Pazartesi günü saat 17:00-18:00 aralı [c] spit edilmiştir. Mevcut du [a] analizinin yapılmasında zirve sa [b] afiği dikkate alınarak çalışılmıştır. Kavşağa ka [c] nın kurulabilmesi için, Antalya Valiliği ve Antalya İl Emniyet Müdürlüğü’nden, gerekli resmi yazışmalar yapılarak, izinler alınmıştır.

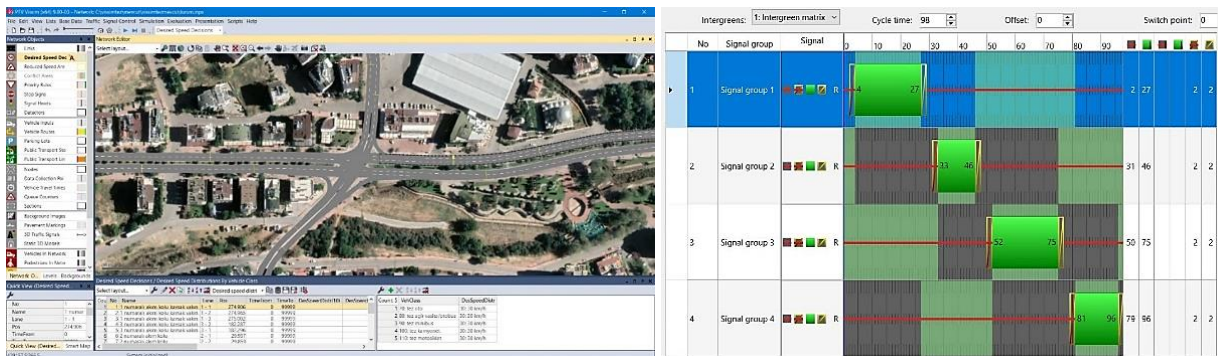


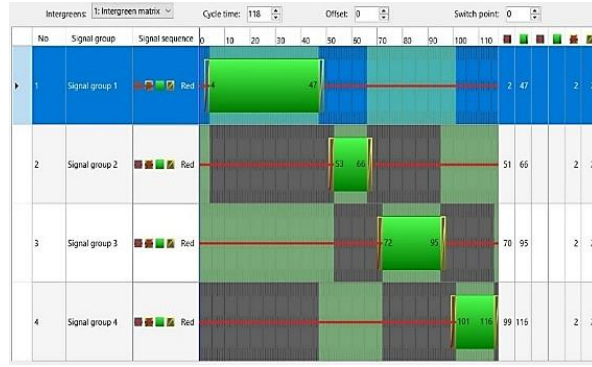
Şekil 3. a) Kavşağa Kamera Kurulumu, b) Sayım Çalışmaları, c) Zirve Saat Trafik Sayımları

Kavşağa kurulan kamera sistemi Şekil 3a’da gösterilmiştir. Kamera kayıtları elde edildikten sonra bilgisayarda bu görüntüler izlenerek sayım çalışmaları yapılmıştır (Şekil 3b). Yapılan sayım çalışmaları sonrasında kavşaktaki taşıt hareketleri ve sayıları Şekil 3c’deki gibi görselleştirilmiştir. Kavşaktaki trafiğin modellenebilmesi için, elde edilen verilerin VISSIM programına girilmesi gerekmektedir. Bu sebeple her veri; araçların cinsleri, sayıları ve hareket doğrultusu oranları şeklinde, yapılan her sayım işlemi ardından titizlikle tablolardaki yerlerine yazılarak program için düzenli hale getirilmiştir.

### Kavşağın Mevcut Durumu ve Yeni Durumunun Vissim Programında Analiz Edilmesi

Kavşağın performans analizlerinin yapılabilmesi amacıyla [a] ssim’de kavşağın modellenmesi yapılmıştır. [b] naçla, öncelikle kavşağın uydu görüntüsü altlık olarak kullanıla [a] gerçek geometriye uygun olacak şekilde yolla [b] izimi tamamlanmıştır. Şerit genişlikleri, sinyal planı, faz planı, sürücü davranışları, kavşağın işletim kuralları gerçeğe uygun şekilde Vissim programında tanımlanmıştır. Kavşağın Vissim’de oluşturulan modeli Şekil 4’te gösterilmiştir.



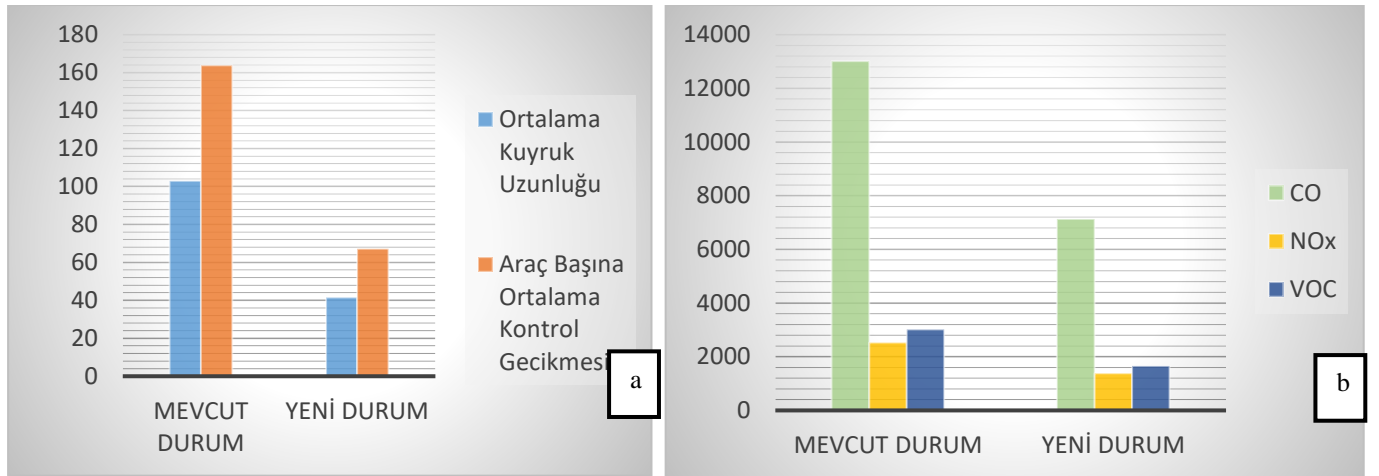


Şekil 4. a) Kavşağın Vissim Modeli, b) Mevcut Sinyal Planı Vissim Gösterimi, c) Yeni Sinyal Planı Vissim Gösterimi

Kavşağın mevcut durumu ve yeni durumu için sinyal zaman diyagramları Vissim’de oluşturulmuştur. Yeni durum oluşturulurken baz alınan temel kriter, yaklaşım kollarından gelen taşıt sayıları olmuştur. 1 numaralı yaklaşım kolundan gelen taşıt sayısı, diğer yaklaşım kollarına göre belirgin şekilde fazladır. Bu sebeple, kavşak performansını artırabilmek ve aynı zamanda egzoz emisyonlarında azaltıcı etki oluşturabilmek amacıyla, 1 numaralı yaklaşım koluna ait yeşil ışık süresi 23 s’den 43 s’ye çıkarılmıştır.

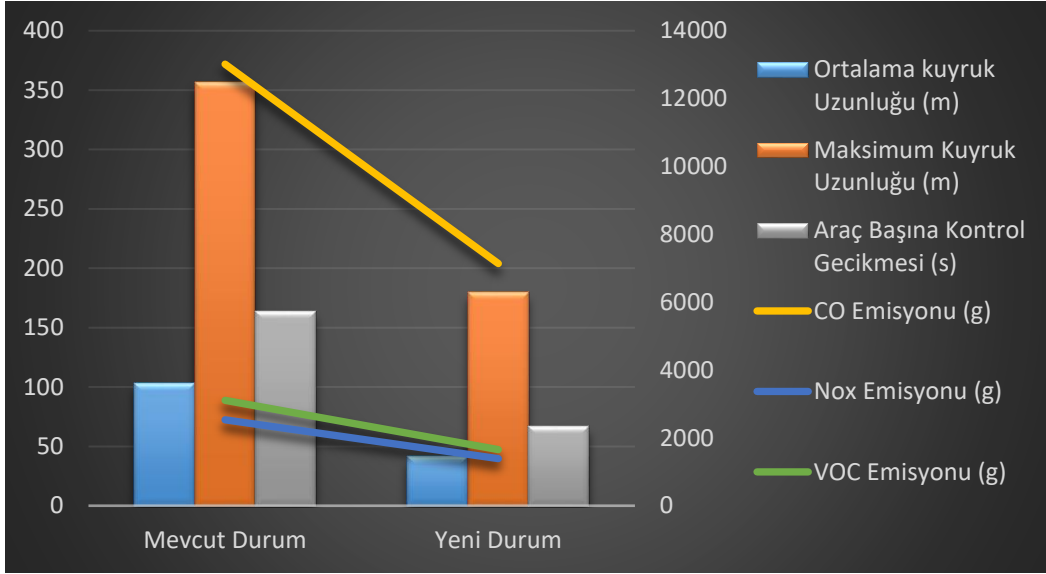
## SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Yapılan analizler sonucunda, mevcut durum ve yeni duruma ait gecikme ve kuyruk uzunluğu parametreleri ile egzoz emisyonları sonuçları Şekil 5’te grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. Mevcut Durum ve Yeni Durum İçin Analiz Sonuçları; a) Kuyruk Uzunlukları, b) Egzoz Emisyonları

Kavşağın mevcut sinyal planı ile yapılan analizler sonucunda, ortalama kuyruk uzunluğu değeri 102,97 m, araç başına gecikme değeri ise 163,87 s olarak elde edilmiştir. Yeni sinyal planı ile yapılan analiz sonuçlarında ise ortalama kuyruk uzunluğu değerinin yaklaşık %60 azalarak 41,46 m’ye düştüğü, araç başına gecikme değerinin de yaklaşık %59 azalarak 67,17 s’ye düştüğü görülmektedir (Şekil 5a). Elde edilen bu iyileştirmeler, egzoz emisyonlarına da yansımaktadır. Analiz sonuçlarına göre mevcut durumda 13014,8 g olan CO salınımı 7137,65 g’a, NOx salınımı 2532,2 g’dan 1388,72 g’a, ve VOC salınımı da 3016,3 g’dan 1654,22 g’a düşmüştür (Şekil 5b).



Şekil 6. Kuyruk Uzunlukları ve Gecikme Parametreleri İle Egzoz Emisyonları İlişkisi

Şekil 6'da, kavşak performans parametrelerinden kuyruk uzunluğu ve gecikme parametrelerinin, taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarına doğrudan etki ettiği görülmektedir. Sinyalize kavşaklarda oluşan gecikmelerin, sinyal planında oluşturulan değişikliklerle azaltılabildiği, motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarının kontrol edilebilmesi için önemli bir çözümdür. Bu çözümü destekleyecek bir yorum, Sert (2008) tarafından yapılan çalışmada egzoz emisyonlarının azaltılması yönünde alınacak önlemlerden birisi olarak sunulmuştur.

Yapılan bu deneysel çalışma sonucunda elde edilen çıkarımlar ve öneriler aşağıdaki gibidir:

- Deneysel çalışmanın sonuçlarından görüldüğü üzere, motorlu taşıtların oluşturduğu trafik sıkışıklığı çevre kirliliğine sebebiyet vermektedir ve trafik yönetimi ile doğaya zararlı bu etkiyi azaltmak mümkün olabilmektedir. Sinyal planlarında, doğru noktalarda doğru müdahalelerle bulunarak, artan motorlu taşıt kullanımından kaynaklı trafiğin sebep olduğu çevre ve hava kirliliğini azaltmak mümkün olabilmektedir. Doğru müdahalelerin tespit edilebilmesi için, saha çalışmalarında çalışılan alana ait bilgilerin doğru temin edilmesi önem arz etmektedir.
- Karayolu kullanıcılarının güvenli, hızlı ve ekonomik olarak seyahatlerini gerçekleştirmeleri amacının yanı sıra, karayolu trafiği kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması yönünde, gelişen teknolojinin avantajlarından faydalanarak, kentsel trafik yönetim çalışmaları ile çözümler üretilebilir. Bu çözümlerin en başında AUS (Akıllı Ulaşım Sistemleri) gelmektedir. Trafiğin durumunu algılayan sensörler ile dinamik sinyalizasyon çözümleri kullanılarak, kavşak kollarından gelen trafik akımlarına ait geçiş haklarının dengeli dağıtılması ile daha çevreci, düzenli, güvenli, az vakit kaybına sebep olan kavşak denetimi sağlamak mümkün olabilmektedir. Ayrıca, toplu taşıma kullanımı, elektrikli araç kullanımı, sinyal koordinasyonu konularında yapılacak çalışmalar ve analizler, gelişen teknoloji ile insan kaynaklı olan trafiğin ve motorlu taşıt kullanımının oluşturduğu çevre kirliliğinin azaltılmasında büyük rol oynayacaktır.
- Doğa dostu uygulamalar ve trafik yönetimi ilişkisi, farklı disiplinleri bir arada çalışmaya teşvik etmektedir. Bu sebeple, otomotiv, makine, elektrik elektronik, çevre mühendisliklerinin, şehir ve bölge planlaması disiplinlerinin bu konuda farklı yaklaşımlarla çözümler üretmeleri, hayatımızın elzem bir parçası olan doğamızın korunabilmesi için faydalı olacaktır.
- Araç türleri, araçların motor hacimleri ve motor türleri, hızlanma ve yavaşlama parametreleri, mevsimsel koşullar ve karayolu malzemesi koşulları gibi alt parametreler ile trafik sıkışıklığı ilişkileri incelenerek, motorlu taşıt kullanımları ile çevreye yayılan gazların azaltılması için detaylı çalışmalar yapılabilir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmaya FYL-2022-5780 numaralı proje ile finansal destek sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne katkılarından dolayı teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

- Aksoy, P. (2019). Işıklı Kavşaklarda Sola Dönüşlerde Sürücülerin Kurallara Uymamaları ile Trafik İşaretlemeleri ve Kavşak Geometrisi Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Cheng, Z., Pang, M. S. & Pavlou, P. A. (2020). Mitigating traffic congestion: The role of intelligent transportation systems. *Information Systems Research*, 31 (3): 653–674. <https://doi.org/10.1287/isre.2019.0894>
- Liang, Z., Xiao, Y. & Flötteröd, Y. P. (2021). An overlapping phase approach to optimize bus signal priority control under two-way signal coordination on urban arterials. *Journal of Advanced Transportation*, 2021 (6): 1-13. <https://doi.org/10.1155/2021/6624130>
- Mądział, M., Campisi, T., Jaworski, A., Kuszewski, H. & Woś, P. (2021). Assessing vehicle emissions from a multi-lane to turbo roundabout conversion using a microsimulation tool. *Energies*, 14 (15). <https://doi.org/10.3390/en14154399>
- Sert, İ. (2008) Balıkesir il merkezinde motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyon envanterinin hesaplanması. Yüksek lisans tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Şimşir, F., Özkaynak, E. & Ekmekçi D. (2013). Kavşaklarda Trafik Sinyalizasyon Sisteminin Modellemesi ve Benzetimi. XV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, ss. 833-837, 23-25 Ocak, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Yayla, N. (2004). Karayolu Mühendisliği, Birsen Yayınevi, İstanbul, 285 s.
- Yiğit, H. İ. (2019). Koordine sinyalize kavşaklarda gecikme modellemesi: Ulus Bulvarı örneği, Denizli. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.