



**Muş Alparslan Üniversitesi**  
**Mühendislik-Mimarlık Fakültesi**

**MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ / MUŞ ALPARSLAN UNIVERSITY**

[www.alparslan.edu.tr](http://www.alparslan.edu.tr)

e-ISSN:2757-5896

Haziran/June 2023

Cilt/Volume 4

Sayı/Issue 1

**MÜHENDİSLİK-MİMARLIK**  
**FAKÜLTESİ**  
**DERGİSİ**

JOURNAL OF THE FACULTY of  
ENGINEERING and  
ARCHITECTURE



**Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture**

**YIL/YEAR: 2023 CİLT/VOLUME: 4 SAYI/NUMBER: 1**

Yazılarda ifade edilen düşünce ve görüşler yazarların kişisel görüşleridir. Derginin ve bağlı bulunduğu kurumun görüşlerini yansıtmamaktadır.

The views and opinions expressed in the articles are the personal views of the authors. It does not reflect the views of the journal and its affiliated institution.



**Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture**

**Dağıtım**

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi tarafından yapılmaktadır.

e-ISSN : 2757-5896

Basım Tarihi : 10/10/2023

Cilt : 4

Sayı : 1

İlk Yayın Tarihi : 2020

Basım Yeri : Muş

Yayın Türü : Yılda iki defa olmak üzere, altı ayda bir (Haziran ve Aralık) elektronik olarak yayımlanan uluslararası hakemli ve süreli bir yayındır.

Yayın Dili : Türkçe ve İngilizcedir.

Adres : Muş Alparslan Üniversitesi Kampüsü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Diyarbakır Yolu 7. Km, 49250 – MUŞ / TÜRKİYE

e-posta : b.taskan@alparslan.edu.tr

URL : <https://dergipark.org.tr/tr/pub/maummfd>

**Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture**

Yıl/Year: 2023

Cilt/Volume: 4 Sayı/Number: 1

<b>Yayın Kurulu • Editorial Board</b>	
<b>Muş Alparslan Üniversitesi Adına Sahibi / Owner</b>	<b>Prof. Dr. Muhammed ÇINAR (Dekan)</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
<b>Editör / Editor</b>	<b>Dr. Öğr. Üyesi Buşra TAŞKAN</b> Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
<b>Yayın Kurulu Üyeleri / Editorial Board Members</b>	Necattin Cihat İÇYER, Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye Kemal SÜLÜK, Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
<b>Yayın ve Danışma Kurulu/ Editorial and Advisory Board</b>	Prof. Dr. Malik YOUSEF, <a href="mailto:malik.yousef@gmail.com">malik.yousef@gmail.com</a> , Zefat Academic College; Assoc. Prof. Dr. Shuo GAO, <a href="http://buaa.edu.cn">buaa.edu.cn</a> , Beihang University; Asst. Prof. Mohannad Eid Issa JREISSAT, <a href="mailto:drjreissat@hu.edu.jo">drjreissat@hu.edu.jo</a> , Hashemite University; Dr. Yu WU, <a href="mailto:yu.wu.09@ucl.ac.uk">yu.wu.09@ucl.ac.uk</a> , London's Global University; Dr. Ziyad ABUNADA, <a href="mailto:z.abunada@cqu.edu.au">z.abunada@cqu.edu.au</a> , CQUniversity Australia; Prof. Dr. Ahmet GÜRAL, <a href="mailto:agural@gazi.edu.tr">agural@gazi.edu.tr</a> , Gazi Üniversitesi; Prof. Dr. Ali KARCI, <a href="mailto:ali.karci@inonu.edu.tr">ali.karci@inonu.edu.tr</a> , İnönü Üniversitesi; Prof. Dr. Coşkun ÖZALP, <a href="mailto:coskunozalp@osmaniye.edu.tr">coskunozalp@osmaniye.edu.tr</a> , Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi; Prof. Dr. İbrahim CAN, <a href="mailto:ican@cumhuriyet.edu.tr">ican@cumhuriyet.edu.tr</a> , Sivas Cumhuriyet Üniversitesi; Prof. Dr. Mustafa BAYRAM, <a href="mailto:mbayram@gantep.edu.tr">mbayram@gantep.edu.tr</a> , Gaziantep Üniversitesi; Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK, <a href="mailto:semraselcuk@gazi.edu.tr">semraselcuk@gazi.edu.tr</a> , Gazi Üniversitesi; Prof. Dr. Ulvi ŞEKER, <a href="mailto:useker@gazi.edu.tr">useker@gazi.edu.tr</a> , Gazi Üniversitesi; Prof. Dr. Yüksel ESEN, <a href="mailto:yesen@firat.edu.tr">yesen@firat.edu.tr</a> , Fırat Üniversitesi; Doç. Dr. Buket KARATOP, <a href="mailto:buket.karatop@iuc.edu.tr">buket.karatop@iuc.edu.tr</a> , İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa; Doç. Dr. Elanur ADAR YAZAR, <a href="mailto:aelanur@artvin.edu.tr">aelanur@artvin.edu.tr</a> , Artvin Çoruh Üniversitesi; Doç. Dr. Hare KILIÇASLAN, <a href="mailto:hkilicaslan@ktu.edu.tr">hkilicaslan@ktu.edu.tr</a> , Karadeniz Teknik Üniversitesi; Doç. Dr. Kübra ULUCAN ALTUNTAŞ, <a href="mailto:kualtuntas@itu.edu.tr">kualtuntas@itu.edu.tr</a> , İstanbul Teknik Üniversitesi; Doç. Dr. Melih KUNCAN, <a href="mailto:melihkuncan@siirt.edu.tr">melihkuncan@siirt.edu.tr</a> , Siirt Üniversitesi; Doç. Dr. Selim BUYRUKOĞLU, <a href="mailto:sbuyrukoglu@karatekin.edu.tr">sbuyrukoglu@karatekin.edu.tr</a> , Çankırı Karatekin Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahim DAL, <a href="mailto:adal@atu.edu.tr">adal@atu.edu.tr</a> , Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Arif BALCI, <a href="mailto:arifbalcikafkas.edu.tr">arifbalcikafkas.edu.tr</a> , Kafkas Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Emre YURTKURAN, <a href="mailto:yurtkuranemre@sivas.edu.tr">yurtkuranemre@sivas.edu.tr</a> , Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Fatih BOZKURT, <a href="mailto:fbozkurt@yildiz.edu.tr">fbozkurt@yildiz.edu.tr</a> , Yıldız Teknik Üniversitesi;

	<p>Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ŞEVİK, <a href="mailto:fsevik@bingol.edu.tr">fsevik@bingol.edu.tr</a>, Bingöl Üniversitesi;</p> <p>Dr. Öğr. Üyesi Fulya Pelin CENGİZOĞLU, <a href="mailto:pelincengizoglu@mu.edu.tr">pelincengizoglu@mu.edu.tr</a>, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi;</p> <p>Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Çağrı TÜZEMEN, <a href="mailto:cagrituzemen@nevsehir.edu.tr">cagrituzemen@nevsehir.edu.tr</a>, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi;</p> <p>Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kürşat ÖKSÜZ, <a href="mailto:mkoksuz@erzincan.edu.tr">mkoksuz@erzincan.edu.tr</a>, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi;</p> <p>Dr. Öğr. Üyesi Taha ETEM, <a href="mailto:tahaetem@karatekin.edu.tr">tahaetem@karatekin.edu.tr</a>, Çankırı Karatekin Üniversitesi;</p> <p>Dr. Öğr. Üyesi Yaşar DAŞDEMİR, <a href="mailto:yasar.dasdemir@erzurum.edu.tr">yasar.dasdemir@erzurum.edu.tr</a>, Erzurum Teknik Üniversitesi.</p>
<b>Yazım ve Dil Editörü</b> <b>Yazım ve Dil Editörü</b>	Arş. Gör. Yusuf BUDAK Arş. Gör. Mustafa Ertürk SÖYLEMEZ

**Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture**

Yıl/Year: 2023 Cilt/Volume: 4 Sayı/Number: 1

**Amaç ve Kapsam**

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi dergisi, temel mühendislik bilimleri alanında, mühendisliğin güncel araştırma konularına odaklı hem deneysel hem de kuramsal çalışmaların yayınına öncelik tanır. Disiplinler arası çalışmaları ve teknolojileri içeren akademik yayınları teşvik eder. İlgili bilimlerin ve bireylerin ulusal ve uluslararası gelişimlerine katkıda bulunmayı, bu alanlarla ilgili kaynakları geliştirmeyi amaçlar. Derginin dili Türkçe ve İngilizcedir.

Mühendislik biliminin temeline ait kuramsal çalışmalara, teknolojik gelişmelere ve mühendislik odaklı disiplinler arası çalışmalara kapsamı dahilinde yer veren dergimiz; kuramsal, deneysel, araştırma ve derleme türünde içeriklerle yılda iki kez (Aralık, Haziran) yayımlanmakta, güncel akademik literatürü araştırmacılara ve kamuoyuna aktarmayı hedeflemektedir.

**Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture**

Yıl/Year: 2023 Cilt/Volume: 4 Sayı/Number: 1

**Aims and Scope**

Muş Alparslan University Faculty of Engineering and Architecture journal gives priority to the publication of both experimental and theoretical studies in the field of basic engineering sciences, focusing on current research topics in engineering. It encourages academic publications involving interdisciplinary studies and technologies. It aims to contribute to the national and international development of related sciences and individuals, and to develop resources related to these fields. The languages of the journal are Turkish and English.

Our journal, which includes theoretical studies on the foundation of engineering science, technological developments and interdisciplinary studies focused on engineering; It is published twice a year (December, June) with theoretical, experimental, research and compilation content, and aims to convey the current academic literature to researchers and the public.

# Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi

## Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Yıl/Year: 2023 Cilt/Volume: 4 Sayı/Number: 1

### Yayın Etiği ve Sorumluluklar

Dergimizin yayın süreci, sürece dahil olan herkes için (yazarlar, hakemler, editörler) akademik etik ilkelerine ve standartlara uymayı şart koşmaktadır. Bu kapsamda sürece dahil olan tüm akademisyenlerin aşağıdaki sorumlulukları kabul ettiği varsayılmaktadır. Bu kapsamda ifade edilen sorumluluklar belirlenirken açık erişim kurallarını düzenleyen Committee on Publication Ethics (COPE) tarafından belirtilen kurallar ve sorumluluklar kullanılmıştır.

#### Yazarların Etik Sorumlulukları

Yazar(lar), tüm akademik çalışmalarında özgün olmalıdır. Yaptıkları çalışmalarda diğer akademik çalışmalardan yararlanmaları durumunda eksiksiz bir şekilde kaynak gösterimi ve/veya alıntı yapmaları gerekmektedir. Çalışmaya katkı sunmayan kişiler yazar olarak çalışmaya dahil edilmemelidir. Araştırmacılar, çalışmalarını aynı anda birden fazla yayın organına gönderemezler. Her bir gönderim süreci, önceki başvurunun sonuçlanmasına müteakip yapılmalıdır. Başka bir mecrada yayımlanmış bir çalışma dergimize gönderilmemelidir. Gönderilen çalışmaların, çıkar çatışması teşkil edecek içerikler, durumlar ve ilişkiler barındırması durumunda bilgilendirme yapılmalıdır. Yazarlar, talep edilmesi durumunda çalışmaya ait ham verileri ve deney bilgilerini yayın kurulu ve bilim kuruluna sunmaya hazır olmalıdır. Değerlendirme süreci başlatılmış bir çalışma için, yazar ekleme, sırasını değiştirme veya yazar çıkarma gibi teklifler mümkün değildir. Yazar(lar) çalışmalarında kullandıkları verilerin (varsa) etik haklarına, kullanım haklarına, araştırma/analiz/deney gibi işlemler için gerekli izinlere sahip olduğuna dair belgelere sahip olmalıdırlar. Yazar(lar) değerlendirme sürecine alınmış, erken görünüm aşamasına geçmiş veya yayımlanmış çalışmalarında bir hata fark etmeleri durumunda, dergi editörünü veya dergi yayıncısını bilgilendirmeli, düzeltme veya geri çekme işlemlerinde işbirliği yapılmalıdır.

#### Editörlerin Etik Görev ve Sorumlulukları

Dergipark sayfasında açıkça belirtilmiş açık erişim kurallar bütünlüğünü sağlayan COPE tarafından ifade edildiği üzere; derginin gelişimine devamlılık kazandırma, dergide yayımlanan akademik çalışmaların kalitesini arttırmaya yönelik aşamaları titizlikle yürütme, okuyucuların ve yazarların ihtiyaçlarına yönelik çalışmalar yapma, düzeltme veya açıklama gerektiren hususlarda açık ve şeffaf iletişim kurma, fikri mülkiyet haklarından ve akademik etik kurallarından taviz vermemek koşuluyla tüm iş süreçlerini devam ettirme gibi işler, editörün başlıca etik görev ve sorumluluklarıdır.

#### Hakemlerin Etik Sorumlulukları

Bir hakem, kendi uzmanlık alanına ait akademik çalışmaları değerlendirmeye almalıdır. Yaptığı değerlendirmelerde tarafsız ve gizli olmalıdır. Bu ilkeler kapsamında yaptığı çalışmaların değerlendirme sonuçlarını süreç sonunda kamu ile paylaşmamalı ve imha etmemelidir. Değerlendirmesi neticesinde bir çıkar çatışması tespit etmesi durumunda ilgili editör bilgilendirilmeli ve çalışmayı inceleme süreci reddedilmelidir. Yapılan hakemlik değerlendirmesinin sonucunu yapıcı ve kibar bir üslup ile iletmeli, düşmanlık, iftira veya hakaret içeren negatif ve kişisel iletişim üslubu kullanılmamalıdır. Hakemliği kabul edilen çalışmaları taahhüt edilen süre içerisinde ve belirtilen akademik etik kuralları çerçevesinde değerlendirmeli ve sonucu iletmelidir.

#### Yayıncının Etik Sorumlulukları

Dergimiz sürece dahil ettiği tüm çalışmalar için editörleri sorumlu kılmaktadır. Dergide yapılan çalışmalardan politik veya ekonomik kazançlar elde edilmemesi için gereken tedbir çalışmalarını editör yürütmektedir. Dergimiz editör kararları oluşturulmasında bağımsızlığı taahhüt eder. Dergimiz, kabul ettiği tüm çalışmaların fikri mülkiyet ve telif haklarını koruduğunu taahhüt eder. Editörlerin süreçle ilgili akademik suistimaller ve intihalle ilgili konularda ilgili önlemleri alma sorumluluğu yine dergimizin taahhüdü altındadır.



## **Yazarlar ile İlişkiler**

Editörler, yazarların gönderdiği makalelerde çalışmanın özgünlüğü, anlatımın açıklığı ve derginin amaç-kapsamına uygunluğu noktasında değerlendirme yaparak olumlu veya olumsuz karar vermektedir. Bu kapsamda ciddi bir problem teşkil etmeyen tüm çalışmalar değerlendirme sürecine alınır. Editörler, hakem önerilerini dikkate almalıdır. Editörler, çalışmalarla ilgili önceki editörler tarafından verilen kararları, etik ve kapsam noktasında büyük bir problem tespit edilmemesi halinde değiştirmemelidir.

## **Hakemler ile İlişkiler**

Kör Hakemlik ve Değerlendirme Süreci politikaları, editör tarafından titizlikle yürütülmelidir. Hakemler, ilgili yayının uzmanlık sahasına göre seçilmelidir. Yayınla ve süreçle ilgili tüm bilgiler hakemlerle açık bir şekilde paylaşılmalıdır. Yazar-hakem arası çıkar çatışması olup olmadığı yönündeki tespit editörün sorumluluğundadır. Değerlendirme sürecinin başlamasıyla birlikte hakemlerin kimlikleri gizli tutulmalıdır. Editörler, hakemleri tarafsızlık, bilimsellik ve nesnellik hususlarında teşvik etmelidir. Hakem havuzlarının geniş tutulmasına dikkat edilmelidir. Hakemlerin değerlendirme sürecine yönelik performanslarını arttırmak için uygulamalar ve politikalar güdülmelidir. Bilimsellikten ve akademik etik kurallarından uzak süreçler engellenmelidir.

## **Okuyucu ile İlişkiler**

Editör, derginin hitap ettiği okuyucu kitlesinin ihtiyaç duyduğu beklentileri karşılamaya yönelik kararlar vermelidir. Yayınlanacak çalışmaların akademinin her türlü kademesine (okuyucu, araştırmacı) ve literatüre katkı sağlayacak özgün çalışmalar olmasına dikkat etmelidir. Okuyuculardan ve akademik camiadan gelecek geri bildirimleri dikkate almalı ve açıklayıcı geri bildirimlerde bulunmalıdır.

## **Yayın Kurulu ile İlişkiler**

Editör, yayın kurulunda bulunan üyelerin, ilgili politika ve yönergelere uyumlu şekilde çalışması adına sorumludur. Bu politikalar kapsamında ilgili üyeler bilgilendirilmeli ve gelişmelerden haberdar edilmelidir. Yeni üyelere gerekli eğitim ve bilgilendirme sağlanmalıdır.

## **Dergi Sahibi ve Yayıncı ile İlişkiler**

Akademik etik kuralları çerçevesinde, editör ile yayıncı bağımsızlık sözleşmesi imzalamaktadır. Yani editörler alacakları kararlarda yayıncı ve dergi sahibinden bağımsızdır.

## **Kişisel Verilerin Korunması**

Dergi editörü, dergide yayımlanan çalışmalarda bulunan tüm bilgilerin, deneklerin ve görsellerin korunmasını sağlamakla sorumludur. Çalışmada eğer varsa denek olarak kullanılan bireylerin izinleri belgelendirilmediği sürece çalışmayı reddetmelidir. Ayrıca dergi editörü, yayın sürecinde bulunan herkesin (yazar, hakem ve okuyucu) bireysel verilerini korumakla sorumludur.

## **Etik Kurul, İnsan ve Hayvan Hakları**

Editör, çalışma kapsamında genel anlamda insan ve hayvan haklarının korunmasını sağlamalıdır. Çalışma deneylerinde kullanılan verilere ve deneklere ve araştırmalara ilişkin gerekli izinlerin ve etik kurul raporlarının kontrolünü yapmakla mesuldür.

## **Olası Suiistimal ve Görevi Kötüye Kullanmaya Karşı Önlem**

Suiistimal ve görevi kötüye kullanma hallerine karşı tedbir almak editörün görevidir. Bu konuyla ilgili şikayetlerin tespit edilmesi ve değerlendirilmesi noktasında titiz bir çalışma yürüten editör, ilgili bulguları paylaşmalı ve akademik etik ortamının devam etmesini sağlamalıdır.

## **Fikri Mülkiyet Haklarının Korunması**

Dergi editörü, tüm çalışmaların fikri mülkiyet haklarını korumakla ve akademik etik ihlallerinde ve diğer olumsuzluklarda derginin, yazarların, hakemlerin haklarını savunmakla yükümlüdür. Ayrıca dergi editörü dergide yayımlanan çalışmaların intihal sonucu başka bir akademik çalışmanın fikri mülkiyetini ihlal edip etmediği yönündeki teyidi yapmalı ve gerekli önlemi almalıdır. Bu tedbirlerin başında değerlendirme sürecinde yazardan çalışmasıyla birlikte makalenin intihal raporu da talep edilmektedir.

**NOT:**Dergimizde akademik etiğe uygun olmayan bir durumla karşılaşmanız durumunda [muhammimdergi@alparslan.edu.tr](mailto:muhammimdergi@alparslan.edu.tr) adresi üzerinden ivedi bir şekilde bizimle iletişime geçiniz.

**Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture**

Yıl/Year: 2023 Cilt/Volume: 4 Sayı/Number: 1

**Editorial Ethics and Responsibilities**

**Publication Ethics and Responsibilities** The publication process of our journal requires everyone involved (authors, referees, editors) to comply with academic ethical principles and standards. In this context, it is assumed that all academicians involved in the process accept the following responsibilities. While determining the responsibilities expressed in this context, the rules and responsibilities specified by the Committee on Publication Ethics (COPE), which regulates open access rules, were used.

**Ethical Responsibilities of Authors**

The author(s) must be original in all their academic works. If they benefit from other academic studies in their studies, they are required to give full reference and/or citation. Persons who do not contribute to the study should not be included as authors. Researchers cannot submit their work to more than one publication at the same time. Each submission process must be made following the conclusion of the previous application. A study published in another medium should not be sent to our journal. In case the submitted works contain content, situations and relationships that will constitute a conflict of interest, information should be provided. Authors should be ready to present the raw data and experimental information of the study to the editorial board and scientific committee, if requested. It is not possible to add an author, change the order or remove an author for a work whose evaluation process has been started. Author(s) should have documents showing that the data they use in their studies (if any) have ethical rights, usage rights, and necessary permissions for research/analysis/experiment. Author(s) should inform the journal editor or journal publisher and cooperate in correction or retraction if they notice an error in their review, early view stage or published work.

**Ethical Duties and Responsibilities of Editors**

As stated by COPE, which ensures the integrity of open access rules clearly stated on the Dergipark page; To ensure continuity in the development of the journal, to carry out the steps to increase the quality of academic studies published in the journal, to work towards the needs of readers and authors, to communicate openly and transparently in matters that require correction or explanation, to continue all business processes without compromising intellectual property rights and academic ethical rules. are the main ethical duties and responsibilities of the editor.

**Ethical Responsibilities of Referees**

A referee should evaluate academic studies in his field of expertise. It should be impartial and confidential in its evaluations. Within the scope of these principles, the evaluation results of the studies should not be shared with the public at the end of the process and should be destroyed. If a conflict of interest is detected as a result of its evaluation, the relevant editor should be informed and the review process of the study should be rejected. The result of the refereeing evaluation should be conveyed in a constructive and polite manner, and negative and personal communication style containing hostility, slander or insult should not be used. He/she should evaluate the studies accepted as referees within the promised time and within the framework of the specified academic ethical rules and communicate the result.

**Ethical Responsibilities of Publisher**

Our journal makes the editors responsible for all the works included in the process. The editor carries out the necessary measures to prevent political or economic gains from the work done in the journal. Our journal is committed to independence in the creation of editorial decisions. Our journal undertakes to protect the intellectual property and copyrights of all accepted works. The responsibility of the editors to take the necessary precautions regarding academic misconduct and plagiarism related to the process is also under the commitment of our journal.

### **Relations with Authors**

In the articles sent by the authors, the editors make a positive or negative decision by evaluating the originality of the study, the clarity of the narrative, and the suitability of the journal's purpose-scope. In this context, all studies that do not pose a serious problem are included in the evaluation process. Editors should consider referee suggestions. Editors should not change the decisions made by previous editors about the studies unless a major problem in terms of ethics and scope is detected.

### **Relations with Referees**

Blind Review and Review Process policies should be meticulously followed by the editor. Reviewers should be selected according to the field of expertise of the relevant publication. All information about the publication and the process should be shared openly with the referees. It is the editor's responsibility to determine whether there is a conflict of interest between the author and the referee. With the start of the evaluation process, the identities of the referees should be kept confidential. Editors should encourage referees for impartiality, scientificity and objectivity. Care should be taken to keep the referee pools wide. Practices and policies should be pursued to increase the performance of referees in the evaluation process. Processes that are far from being scientific and academic ethical rules should be prevented.

### **Relations with the Readers**

The editor must make decisions to meet the expectations of the audience the magazine addresses. Care should be taken that the studies to be published are original studies that will contribute to all levels of the academy (readers, researchers) and the literature. It should take into account the feedback from the readers and the academic community and provide explanatory feedback.

### **Relations with the Editorial Board**

The editor is responsible for the members of the editorial board to work in compliance with the relevant policies and guidelines. Within the scope of these policies, the relevant members should be informed and informed about the developments. New members should be provided with the necessary training and information. Relations with Journal Owner and Publisher Within the framework of academic ethical rules, the editor and the publisher sign an independence agreement. In other words, editors are independent of the publisher and journal owner in their decisions.

### **Relations with Owner of Journal and the Publisher**

Within the framework of academic ethical rules, the editor and the publisher sign an independence agreement. In other words, editors are independent of the publisher and journal owner in their decisions.

### **Protection of Personal Data**

The journal editor is responsible for ensuring that all information, subjects and images found in the studies published in the journal are protected. Individuals used as subjects in the study, if any, should refuse to work unless their consent is documented. In addition, the journal editor is responsible for protecting the individual data of everyone involved in the publication process (author, referee and reader).

### **Ethics Committee, Human and Animal Rights**

The editor should ensure the protection of human and animal rights in general within the scope of the work. It is responsible for controlling the necessary permissions and ethics committee reports regarding the data and subjects used in the study experiments and research.

### **Precaution against Potential Abuse and Abuse**

It is the editor's duty to take precautions against abuse and misconduct. The editor, who carries out a meticulous work in detecting and evaluating complaints about this subject, should share the relevant findings and ensure the continuation of the academic ethical environment.

### **Protection of Intellectual Property Rights**

The editor of the journal is responsible for protecting the intellectual property rights of all studies and defending the rights of the journal, authors and referees in case of violations of academic ethics and other negativities. In addition, the journal editor should confirm whether the studies published in the journal violate the intellectual property of another academic work as a result of plagiarism and take the necessary action. At the beginning of these measures, the plagiarism report of the article is requested from the author along with his/her work during the evaluation process.

**NOTE:** If you encounter a situation that does not comply with academic ethics in our journal, please contact us immediately via [muhmimdergi@alparslan.edu.tr](mailto:muhmimdergi@alparslan.edu.tr).

---

**İÇİNDEKİLER / CONTENTS**

---

**ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE**

---

*Ahmet Buğra CAN, Davut YILMAZ* 1-10

“Kızılırmak Havzası Barajlarının Kuraklığa Etkisi”

“Effect of the Dams in Kızılırmak Basin's Drought”

---

*Uğur Eren YURTCAN* 11-22

“Kil Zeminlerin Mekanik Davranışına Tuz Çözeltileri Etkisi”

“Effect of Salt Solutions on the Mechanical Behavior of Clay Soils”

---

*Davut YILMAZ* 23-31

“Süreyyabey Barajı Dolusavak Kazı Şevlerinde Yaşanan Zemin Hareketlerinin Analizi”

“Analysis of Ground Movements in Süreyyabey Dam Spillway Excavation Slopes”

---

*Zeydin PALA* 32-40

“Prediction of Electricity Consumption in Turkey with Time Series”

---

*Necattin Cihat İÇYER* 41-46

“Ayçiçek yağı rafinasyonunda ultrasonik uygulamalar ile ağartma prosesinin iyileştirilme potansiyelinin belirlenmesi”

“Determination of Improvement Potential of Bleaching Process by Ultrasonic Applications in Sunflower Oil Refining”

---

## Kızılırmak Havzası Barajlarının Kuraklığa Etkisi

*Ahmet Buğra CAN<sup>1\*</sup>, Davut YILMAZ<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
Ankara/Türkiye. ORCID: 0009-0003-0576-507X

<sup>2</sup> Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
Ankara/Türkiye. ORCID: 0000-0002-9981-7875

Sorumlu Yazar: canahmetbugra28@gmail.com

Geliş Tarihi:31.03.2023

Kabul tarihi:29.08.2023

### Özet

Kuraklık, insan hayatını olumsuz etkileyen temel faktörlerden biridir ve doğrudan veya dolaylı olarak bir dizi olumsuz sonuç doğurur. Su, tarım, sanayi, sağlık ve birçok diğer alandaki sıkıntılara yol açabilecek önemli bir kaynaktır. İnsan yaşamı için vazgeçilmez olan suyun varlığının korunması, insanlığın geleceği için kritik bir öneme sahiptir. Su kaynaklarının depolanması ve ardından sulama, elektrik üretimi ve içme suyu temini gibi amaçlarla kullanılmasında barajlar önemli bir rol oynamaktadır. Ancak bu yapıların dezavantajı, su rezervuarlarının yüzeyinin artmasıyla birlikte buharlaşma kayıplarının artmasıdır. Ayrıca sulama ve içme suyu talebinin artması, barajlardaki su rezervlerinin azalmasına neden olmaktadır. Buharlaşma kayıplarını önlemek ve su kaynaklarını sürdürülebilir bir şekilde yönetmek için, özellikle Kızılırmak Nehri yan kolları üzerindeki barajların inşası veya genişletilmesi konusunda optimizasyonlar yapılması gerekmektedir. Su bütçesi metodu analizleri, bu optimizasyonların özellikle kurak iklimi nedeniyle Delice alt havzasında daha fazla su stresinin olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, bölgede buharlaşma kayıplarını azaltma, su kaynaklarını koruma ve geleceğe dayanıklı bir şekilde hazırlık yapma aciliyetini vurgulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kızılırmak Nehri, Kuraklık, Buharlaşma, Yağış

## Effect of the Dams in Kızılırmak Basin's Drought

### Abstract

Drought stands as a pervasive threat to human life, casting a broad shadow of negative consequences across various facets of existence, including agriculture, industry, health, and more, given the indispensable role of water. Dams serve as critical reservoirs, storing water for essential purposes such as irrigation, electricity generation, and drinking. However, the downside of these structures lies in the increased surface area, which contributes to water loss through evaporation. This issue is exacerbated by the escalating demands for water, particularly for irrigation and drinking purposes, resulting in a gradual depletion of water reserves within dams. To address this challenge, it becomes imperative to optimize dam construction and expansion, particularly along the tributaries of the Kızılırmak river. Conducting water budget analyses, specifically tailored to the Kızılırmak basin, reveals that the Delice sub-basin faces heightened water stress due to its arid climate. These findings underscore the urgency of mitigating evaporation losses, preserving water resources, and ensuring sustainable water management practices in the region to secure a resilient future.

**Keywords:** Kızılırmak River, Drought, Evaporation, Precipitation

### 1. GİRİŞ

Kuraklık, yağışların kaydedilen normal düzeylerinin önemli ölçüde altına düştüğü zaman meydana gelen doğal bir olaydır. Bu durum, arazi ve kaynak üretim sistemlerini olumsuz yönde etkileyerek ciddi hidrolojik dengesizliklere neden olabilir [1]. Kuraklık bir doğal afetdir ancak diğer doğal afetler gibi hızlı sonucunu göremeyiz,

zaman içerisinde süregelen olaylar ve yapılan yanlışlar bütünü birleşince uzun süreçler sonucunda kuraklık oluşmaktadır.

Kuraklık yavaş, sessiz afettir. Bu sebepten havza için gerekli erken teşhislerin yapılması, meydana gelebilecek en kötü durumlar göz önüne alınarak gerekli acil durum senaryoları oluşturulması ve etkili müdahaleler gerekmektedir. Kuraklık beraberinde sanayi, sağlık, tarım gibi ana başlıklar için ciddi bir problemidir. Gıda güvenliği ve insan sağlığı ise direkt ve ilk etkilenecek alanlardır.

Küresel ısınma sonucu nehir akımlarında azalma, yükselen sıcaklıklar nedeniyle rezervuarlardan artan buharlaşma kayıpları, artan nüfus ve sanayi üretimi nedeniyle su talebinin artması ve azalan sulama suyu miktarı gibi faktörler su kullanımını daha verimli hale getirme ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu amaçla, suyu tasarruflu kullanmak, doğal akiferlerde su depolamayı öncelikli hale getirmek, baraj yapımını yeraltı suyu beslenimini engelleyen yerlerde yapmamak ve su buharlaşmasını artıran yüzey depolamaları gibi çözümleri yeniden değerlendirmek gerekmektedir. Baraj göllerinde su yüzeyinin azaltılması gibi yöntemlerle buharlaşma kayıplarını azaltmak da mevcut durumun kötü hale gelmesinin önüne geçebilmek adına önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, Kızılırmak Havzası'nda bulunan mevcut barajlar için rezervuarlardaki su yüzeylerinin kontrol edilmesinin gerekliliği konusunda bir araştırma yapmaktır. Bu kontrollerin amacı, su kaynaklarının etkin ve dengeli bir şekilde kullanılmasını sağlamak, taşkın riskini azaltmak, enerji üretimi, tarımsal sulama ve içme suyu temini gibi çeşitli ihtiyaçları karşılamaktır. Literatür taramaları [9,10] barajlardaki genel buharlaşma üzerine odaklanmış olsa da bu çalışmada olduğu gibi belirli bir havzanın analizi yapılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışma analiz sonuçlarının yorumlanması açısından daha faydalı ve gerçekçi veriler sunmaktadır.

Diğer yandan, çalışma aynı zamanda yapılacak olan yeni barajların inşaatının buharlaşma açısından gerekli olup olmadığının tartışılmasını da kapsamaktadır. Buharlaşma, su rezervuarlarında su kaybına neden olan doğal bir süreçtir. Yeni bir baraj inşa etmek, rezervuar suyunun daha fazla yüzey alanına yayılmasına ve dolayısıyla buharlaşma kaybının artmasına neden olabilir. Bu nedenle, yapılması planlanan yeni barajların, buharlaşma kaybını en aza indirecek yöntemlerle birlikte değerlendirilmesi önemlidir. Bu çalışmada, Kızılırmak havzasında inşa edilecek olan barajların su kaynakları üzerindeki etkisi, su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve alternatif çözümler göz önünde bulundurularak detaylı bir şekilde su metodu yöntemi ile analiz edilecektir.

Sonuç olarak, bu çalışma, Kızılırmak Havzası'nda bulunan mevcut barajlar için su yüzeyi kontrol yöntemlerini araştırmayı ve yeni barajların buharlaşma açısından gerekli olup olmadığını tartışmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, su kaynaklarının etkin yönetimi, çevresel koruma ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği konularında önemli bir bilgi sağlamayı hedeflemektedir.

## 2. ÇALIŞMA ALANI ve VERİLER

Kızılırmak havzası, 37° 58'- 41° 44' kuzey enlemleri ile 32° 48'- 38° 22' doğu boylamları arasında yer alır. Yıllık ortalama 6,48 milyar m<sup>3</sup> akış hacmi ile Türkiye toplam su potansiyelinin ise %3,5'ini oluşturur [11].

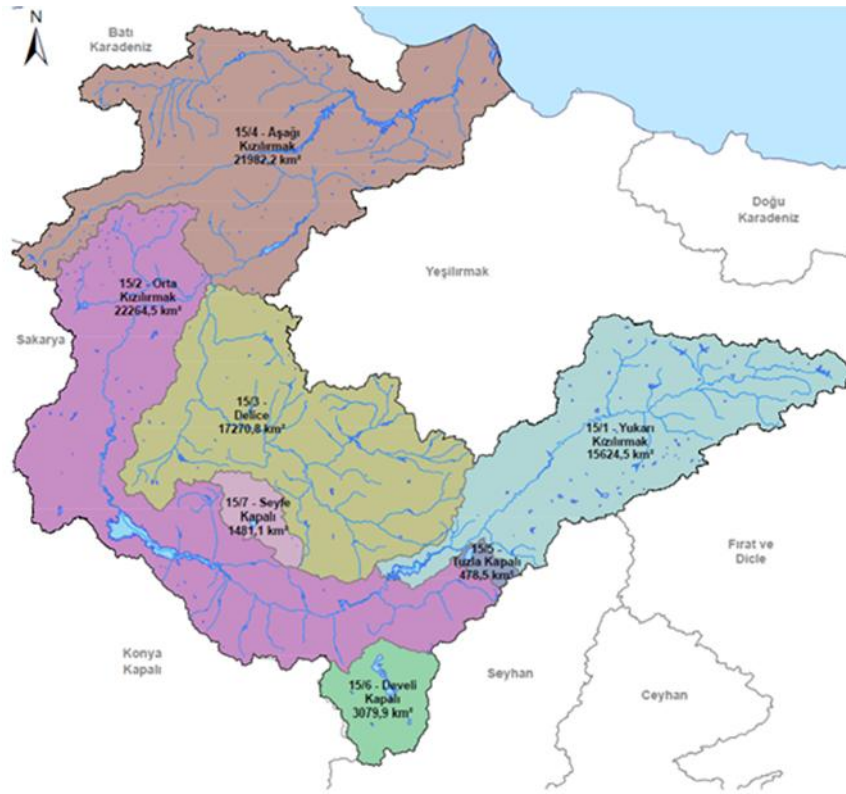
Fırat havzasından sonra ikinci büyük havza olan Kızılırmak havzası, 28.185,5 km<sup>2</sup>'lik alanı ile Türkiye Cumhuriyeti topraklarının yaklaşık %11'ini kapsamaktadır. Havzaya da adını verdiği, 1.151 km'lik uzunluğu ile ülkenin en uzun nehri olan Kızılırmak Nehri bu havzada bulunmaktadır. Kızılırmak Nehri, Türkiye sınırları içerisinde doğarak tekrardan ülke içerisinde Karadeniz'e dökülmektedir. Kızılırmak Nehri, Sivas-İmranlı Kızıldağ'dan doğarak sırasıyla Kayseri, Nevşehir, Aksaray, Kırşehir, Ankara, Kırıkkale, Çankırı, Çorum, Sinop ve Samsun il topraklarından geçerek Karadeniz'e dökülmektedir.

Kızılırmak havzası Şekil.1'de görüldüğü üzere 7 alt havzadan oluşmaktadır: 15.624,5 km<sup>2</sup>'lik alanı ile Yukarı Kızılırmak alt havzası, 22.2645 km<sup>2</sup>'lik alanı ile Orta Kızılırmak alt havzası, 17.270,8 km<sup>2</sup>'lik alanı ile Delice alt havzası, 21.982,2 km<sup>2</sup>'lik alanı ile Aşağı Kızılırmak alt havzası, 478,5 km<sup>2</sup>'lik alanı ile Tuzla Kapalı alt havzası, 3.079,9 km<sup>2</sup>'lik alanı ile Develi Kapalı alt havzası, 1.481,1 km<sup>2</sup>'lik alanı ile Seyfe Kapalı alt havzasıdır [11].

Kızılırmak Havzası alan itibari ile büyük olduğunda dolayı bölgesel olarak farklı iklimsel özelliklere sahiptir. Bu farklılıklar, havzada bulunan sıcaklık ve yağış gözlem istasyonları ile ölçülen değerlerde görülmektedir. Havzada büyük oranda karasal iklim görülmektedir.

Kızılırmak Nehri 1.151 km'lik uzunluğu ile Türkiye'nin en uzun nehridir. Ana kol ve yan kollar olmak üzere üzerinde birçok baraj, gölet ve regülatör bulundurmaktadır ve dahası da planlanmaktadır. Ana kol üzerinde bulunan en önemli barajlar: İmranlı Barajı, Yamula Barajı, Bayramhacılı Barajı, Hirfanlı Barajı, Kesikköprü Barajı, Kapulukaya Barajı, Obruk Barajı, Boyabat Barajı, Altınkaya Barajı, Derbent Barajıdır.





Şekil 1. Kızılırmak havzası hidrolojik alt havzaları [11]

### 3. METOT

Baraj göllerinde buharlaşma hesaplarının yapılması için baraj gölü yüzey alanının hesaplanması gerekmektedir. Baraj gölü hacimsel olarak sürekli değişkenlik göstereceğinden dolayı, buharlaşma hesapları için oluşturulmuş paket programlar mevcuttur. Bu bölümde paket programlar olmadan buharlaşma hesabının mantığını anlamak adına pratik olarak hesaplamaların nasıl yapılacağı açıklanmaktadır. Buharlaşma hesabını yapmak, hesabı etkileyen birçok parametrenin olmasından dolayı zordur. Baraj gölündeki buharlaşacak su miktarı kesin olarak ölçülememektedir. Bu duruma karşın buharlaşma hakkında ortalama bir yorum yapmak mümkündür. Bu çalışmada ise 1 yıllık ortalama buharlaşma verileri kullanılmaktadır.

Buharlaşma hesaplarını yapmak için farklı yöntemler bulunmaktadır: Su bütçesi, enerji bütçesi, kütle transfer metotları, kombinasyon metotları ve empirik formül. Enerji bütçesi ve kütle transfer metodu için kullanılan malzemeler pahalı ve gözlemleri yapmak için gereken maliyet fazladır. Buna karşın su bütçesi metodu ucuz maliyeti ile yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Kullanılan malzemelerin pahalı olmasının sebebi; metotta kullanılacak verileri ölçen aletlerin hassas değerleri ölçmesinden kaynaklanmaktadır.

Su bütçesi metodu kullanılarak buharlaşma ise baraj gölündeki ölçülmüş su kayıp ve kazançlarının aynı zaman periyodu içinde, hacimdeki değişimin kıyaslanması ile hesaplanır [6]. Metot süreklilik esasına dayanmaktadır ve buhar hesabı için faydalıdır.

$$E = I - O - \Delta S \quad (1)$$

$E$  = buharlaşma

$I$  = içeri akış

$O$  = dışarı akış

$\Delta S$  = rezervardaki değişim

Yer yüzeyindeki değişimler sonucu yazılan 1 nolu denkleme yer altındaki değişimlere etki eden sızma ve yer altı suyu akışı eklenirse 2 nolu denklem yazılabilmektedir.

$$E_s = P + R_1 - R_2 - R_g - T_s - F - \Delta S_s \quad (2)$$

$E_s$  = rezervardaki buharlaşma

$P$  = yağış

$R_1$  = rezervuar içine gelen yüzey akışı

$R_2$  = rezervuardan giden yüzey akışı

$R_g$  = yer altı suyu akışı

$T_s$  = terleme kaybı

$F$  = sızma

$\Delta S_s$  = depolama değişim

Eğer ki net sızıntı  $R_g - F = O_s$  ve  $T_s = 0$  ise 2 nolu denklemi yeniden düzenleyerek 3 nolu denklem yazılabilmektedir.

$$E_s = P + R_1 - R_2 + O_s - \Delta S_s \quad (3)$$

Bütün birimler zamansal periyoda bağlı olarak (1 haftadan az olmamak koşulu ile) hacimsel birimlerdir [8].

Teorik olarak basit işlemlerden oluşmasının avantajına rağmen, 3 nolu denklemdeki parametrelerin ölçümünde hatalar olması muhtemeldir. Ancak metot direkt olarak buharlaşma miktarını hesaplayabilir. Hata payını azaltmak için zamansal periyodun ise 1 aydan düşük olması tavsiye edilmemektedir.

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Veriler, buharlaşmanın ölçülmesi için kullanılan metotlardan su bütçesi metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Buharlaşma verileri, baraj/gölet bazlı ve yıllık ortalama olarak ana kol üzerindeki barajlar ve yan kol üzerindeki barajlar ayrımı yapılarak verilmiştir.

Kızılırmak ana kolu üzerinde; Derbent Barajı, Altinkaya Barajı, Boyabat Barajı, Obruk Barajı, Kapulukaya Barajı, Kesikköprü Barajı, Hirfanlı Barajı, Bayramhacılı Barajı, Yamula Barajı, Sedilli Barajı, Müslimabad Barajı ve İmranlı Barajı olmak üzere 12 adet baraj bulunmaktadır.

Kızılırmak yan kolları üzerinde ise 229 adet baraj/gölet mevcuttur. 136 yeni baraj/gölet yapımı planlanmaktadır. Tablo 2 ve Tablo 3'te buharlaşmanın havza su bütçesine oranları alt havza bazlı gösterilmektedir. Tablo 1'de alt havzalar bazında, Kızılırmak havzasında doğal, mevcut ve mutavasser/gelişmeli durum akımları gösterilmektedir. Buharlaşmanın havza su bütçesine oranını anlayabilmek için kullanılacaktır.

Kızılırmak havzasındaki su potansiyelinin %4,85'i (261 hm<sup>3</sup>) Kızılırmak Nehri'ne bağlanan yan kollar üzerindeki mevcut barajlar ve göletler nedeniyle buharlaşmaktadır. Bir insanın günlük su harcaması ortalama olarak 200 L (0,2 m<sup>3</sup>) olarak ele alındığında, 1 insanın 1 yıl için harcayacağı su miktarı yaklaşık olarak 72 m<sup>3</sup>'tür. Hesaplanan 261 hm<sup>3</sup> (261 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) olan su buharlaşması engellendiği takdirde yaklaşık olarak 3 641 667 kişinin 1 yıllık su ihtiyacı karşılanabilmektedir. Yan kollar üzerinde yapılması planlanan baraj ve göletler; Kızılırmak havzasına ekstra olarak %3,66'lık (141,68 hm<sup>3</sup>) bir buharlaşma getirecektir. Benzer hesapla bu ekstra buharlaşmanın engellenmesi ile yaklaşık 1.967.778 kişinin 1 yıllık su ihtiyacını karşılanabilmektedir.

Havza içerisinde bulunan illerin nüfus artışları göz önüne alındığında, havza su potansiyelinin %11,55'i olan 777,23 hm<sup>3</sup> suyun buharlaşması, havza su stresini artırmaktadır. Kızılırmak Nehri yan kolları üzerinde yapılması planlanan baraj veya göletler mevcut buharlaşmaya ek buharlaştırma oluşturmaktadırlar. Oluşması beklenen su stresini azaltmak için mevcut suların buharlaşmasını önlemek gerekmektedir.

**Tablo 1.** Kızılırmak havzası su bütçesi 2001-2013 yılları için [12]

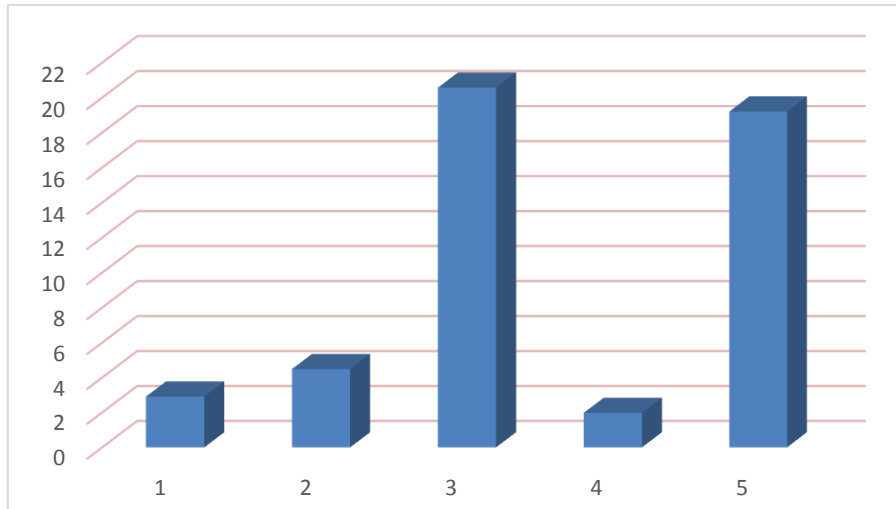
Alt Havza	Toplam Yağış Alanı	Toplam Doğal Akım	Mevcut Durum Çıkış Akımı	Gelişmeli Durum Çıkış Akımı
	km <sup>2</sup>	hm <sup>3</sup> /yıl	hm <sup>3</sup> /yıl	hm <sup>3</sup> /yıl
Yukarı Kızılırmak	15.624,5	1.870,9	1.528,0	1.057,7
Orta Kızılırmak	37.889,0	2.903,4	1.898,3	1.077,5
Delice Çayı	17.270,8	569,6	372,0	343,4
Aşağı Kızılırmak	77.142,0	5.363,2	3.710,6	2.664,2
Develi Kapalı	3.079,9	194,5	138,3	148,0
Seyfe Kapalı	1.481,1	56,0	43,5	54,7
Tuzla Kapalı	478,5	20,2	17,6	21,6
<b>Toplam</b>	<b>82.181,5</b>	<b>5.633,8</b>	<b>3.909,9</b>	<b>2.888,5</b>

Ana kol buharlaşmaları ana kol üzerindeki barajların gerekliliği düşünüldüğü için buharlaşma verileri gösterilmemektedir. Yan kol buharlaşmaları ise ayrı ayrı alt havza mevcut durum akımlarına oranlanarak, baraj gölü buharlaşmasının havza için ne kadarlık bir etki oluşturduğu Tablo 2 ve Tablo 3'te görülmektedir.

**Tablo 2.** Yan kol üzerindeki mevcut baraj gölleri için buharlaşma oranı

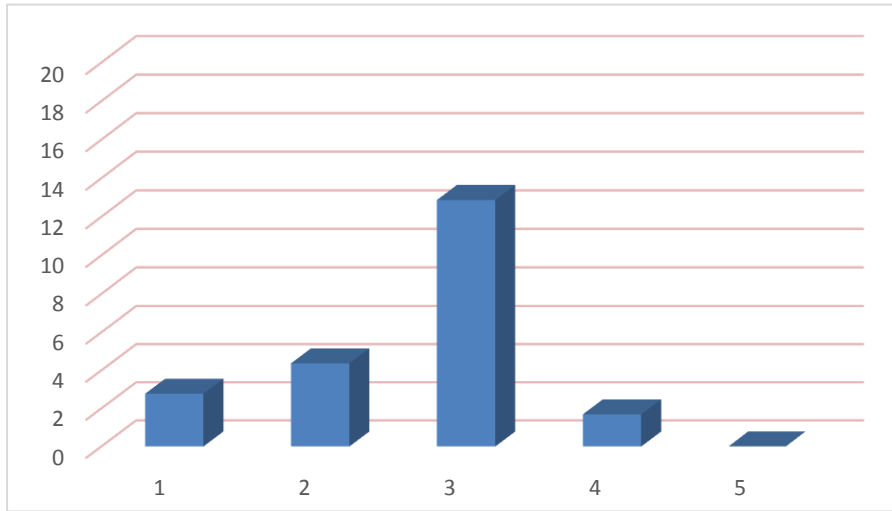
	Mevcut durum akım (hm <sup>3</sup> )	Buharlaşma (hm <sup>3</sup> )		Alt havza buharlaşma oranı
Yukarı Kızılırmak alt havzası (1)	1528,00	44,44	%	2,91
Orta Kızılırmak alt havzası (2)	1898,30	85,12		4,48
Delice alt havzası (3)	372,00	76,50		20,56
Aşağı Kızılırmak alt havzası (4)	1439,70	28,38		1,97
Develi alt havzası (5)	138,30	26,56		19,20
<b>Total</b>	<b>5376,3</b>	<b>261,00</b>		
Total buharlaşmanın total mevcut akıma oranı		%	4,85	

Kızılırmak havzası geneli itibarı ile Tablo 2 ve Tablo 3'te detaylı açıklandığı üzere Orta Kızılırmak ve Delice alt havzasındaki buharlaşma diğer alt havzalara göre fazladır. Buharlaşmanın fazla olması kuraklığı tetikler ve su stresi oluşumunu artırır.

**Şekil 2.** Ana kol üzerindeki barajların buharlaşmasının kendi hacmine oranı (%)

**Tablo 3.** Yan kol üzerindeki mutasavver/gelişmeli baraj gölleri için buharlaşma oranı

	Gelişmeli durum akım (hm <sup>3</sup> )	Buharlaşma (hm <sup>3</sup> )		Alt havza buharlaşma oranı
Yukarı Kızılırmak alt havzası (1)	1057,70	29,29	%	2,77
Orta Kızılırmak alt havzası (2)	1077,50	47,12		4,37
Delice alt havzası (3)	343,40	44,20		12,87
Aşağı Kızılırmak alt havzası (4)	1243,30	21,07		1,69
Develi alt havzası (5)	148,00	0		0,00
<b>Total</b>	<b>3869,9</b>	<b>141,68</b>		
Total buharlaşmanın total gelişmeli akıma oranı		%	3,66	

**Şekil 3.** Yan kol üzerindeki barajların buharlaşmasının kendi hacmine oranı (%)

Küresel ısınma yağışları azaltmakta ve buharlaşma kayıplarını da artırmaktadır. Bu nedenle yağışlardaki azalmaya nazaran nehir akımlarında, oransal olarak çok daha fazla azalma görülmektedir. Artan sıcaklıklar aynı zamanda göl alanlarından buharlaşmayı da artırmaktadır. DSİ mevcut su kaynaklarının tespitinde uzun yıllar verisini kullandığı için özellikle son 20-25 yıldır akışlarda meydana gelen azalmanın etkilerini tam olarak değerlendirememektedir [3]. Gelen su miktarında %30'a varan bu azalma buharlaşma kayıplarındaki artışla birleştiğinde sulamaya ve içme-kullanma suyuna verilebilecek su miktarlarında ciddi azalmalar olmaktadır. Esasen Kızılırmak Havzasında yaşanan su sıkıntısının temel nedeninin bu olduğu değerlendirilmektedir. Küresel ısınma ve nehir akımlardaki azalmaya karşı yalnızca Türkiye'nin kendi başına yapabileceği pek fazla bir şey yoktur. Ancak gelen suyun %20'sine ulaşan buharlaşma kayıplarını yan kollar üzerinde yapılmakta olan barajların bazılarında su tutularak azaltılabilir. Planlanan barajların bir kısmından da vazgeçilerek yan kollar üzerindeki buharlaşma kayıplarının %30'a varması önlenir. Bunun yanında suyun doğal akiferlerde yer altında depolanması sağlanarak da buharlaşma kayıpları azaltılabilir. Son söz olarak; kuraklığa önlem olarak daha fazla baraj yapmak kesinlikle bir çözüm değildir. Yapılmış barajların gözden geçirilmesi gerekmekte olup bazılarında da su tutulmayarak buharlaşma kayıpları azaltılabilir.

TÜİK tarafında yapılan nüfus projeksiyon çalışmaları; Kızılırmak havzasında bulunan yerleşim yerlerindeki nüfusun 2050 yılında, son nüfus sayımındaki (2014) nüfusun neredeyse 2 katı olacağını göstermektedir [5]. Nüfusun artması su ihtiyacının artırmaktadır. Su politikası; suyu tutmak ve kullanmak yerine suyu doğru bir şekilde depolayıp doğru bir yöntemle kullanmaktır. Suyun büyük yüzeyler oluşturarak depolanması suyun buharlaşarak kaybedilmesi demektir.

Birleşmiş Milletler'in yayımladığı bir rapora göre, 21. yüzyılda ülkeler arasında su kaynakları nedeniyle çatışmaların meydana gelebileceği belirtilmiştir. Bu raporda, global nüfusun %40'ını temsil eden yaklaşık 80 ülkenin ciddi su kıtlığı yaşadığına dikkat çekilmektedir. Günümüzde su kıtlığından etkilenen bireylerin sayısının 1,2 milyara ulaştığı aktarılmıştır. Ayrıca, 2025 yılı itibarıyla dünya nüfusunun 8,5 milyara erişeceği ve bu nüfusun en az üçte birinin su kıtlığıyla mücadele etmek zorunda kalacağı öngörülmüştür. 20. yüzyılın en stratejik kaynağı petrol iken, 21. yüzyılda su, hidrojen ve bor gibi elementler stratejik öneme sahip hale gelmiştir. Su, stratejik bir kaynak olarak öne çıkarken; tarımsal alanda da en kritik sektör halini almıştır [2].

Azalan yağışlar, artan sıcaklıklara bağlı olarak yağışlardaki azalma oranından çok daha fazla oranda düşen nehir akımları, artan sıcaklıklara bağlı olarak baraj göllerinden oluşan buharlaşma kayıplarının artması, artan nüfus, yükselen sanayi üretiminin ihtiyaç duyduğu su miktarının da artması hektar başına düşen sulama suyu miktarını azalttığı gibi kişi başına düşen su miktarını da düşürmektedir [3]. Küresel ısınma kaynaklı sıcaklıkların artmasına ve buna bağlı olarak nehir akımlarının düşmesine ülke olarak yapabileceğimiz pek fazla bir şey yoktur. Ancak suyun tasarruflu kullanımı konusunda özellikle damlama sulama ve yağmurlama sulamaya geçilerek ortalama %50 su tasarrufu sağlamak mümkündür. Delice alt havzasının kurak iklime sahip olması, sıcaklık artışına bağlı olarak buharlaşma değerlerinin daha fazla olmasının nedenidir.

Kızılırmak havzası için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri ve farklı senaryolar ile iklim projeksiyonları yapılmıştır. Projeksiyonlar göstermektedir ki, havza için sıcaklık artan bir trend göstermektedir. Elde edilen sonuçlar ile önümüzdeki 2031-2040 yılları arası periyodunda sıcaklık artışları yaklaşık 1,4°'dir. 2071-2080 yılları arası sıcaklık artış değerleri ise 3,73°'dir [7]. Sıcaklığın artması ise buharlaşmanın artmasına neden olmaktadır. Sıcaklıkların artışı ile baraj göllerimizde depoladığımız suların buharlaşması artmaktadır.

Yağış, havza için mm bazlı olarak azalan bir trend göstermektedir. Yapılan projeksiyonların sonuçları 2031-2040 yılları arası yağış azalış miktarı 12,5 mm'dir. 2061-2070 yılları arası yağış azalış miktarı 40,5 mm'dir. Özellikle 2050 yılından sonra yağışlarda ciddi oranda azalış beklenmektedir. Yağışların azalması buharlaşma kayıplarındaki oransal artışın daha fazla olması nedeniyle nehirlerdeki akımlarda çok daha fazla bir oranda azalışa neden olacaktır.

Bunun yanında, buharlaşma kayıplarının azaltılması açısından Küçük Menderes Havzası çalışmasında verildiği gibi [3] suyun doğal akiferlerde yer altında depolanmasına öncelik verilmesi gerekmektedir. Bunun yerine yer altı suyu beslenimini engelleyen yerlerde baraj yapılmaması gerekmektedir. Diğer yandan bu çalışmada gösterildiği gibi baraj göllerinden meydana gelen buharlaşma kayıpları gelen suyun azalmasına paralel olarak oransal olarak artmakta ve %20'ler seviyesine ulaşmaktadır [4]. Planlanan projelerle bu oranının toplam akımın 1/3'üne varacağı hesaplanmaktadır. Bu doğrultuda özellikle yan kollar üzerindeki yüzey depolamalarının yani barajların yapımının tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle sıcaklıklardaki artışın hesaplanan bu değerlere göre buharlaşma kayıplarını daha da artıracığı dikkate alındığında ana depolamaların üst havzalarında yeni barajların yapılması veya mevcut barajların bazılarında su tutulmasının gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bir başka deyişle buharlaşan su yüzeyi azaltılarak su buharlaşmasının azaltılması gerekmektedir. Buharlaşma kayıplarının azaltılmasına yönelik olarak baraj göl alanlarında bazı tedbirlerin de alınması mümkündür.

## 5. ÖNERİLER VE DEĞERLENDİRME

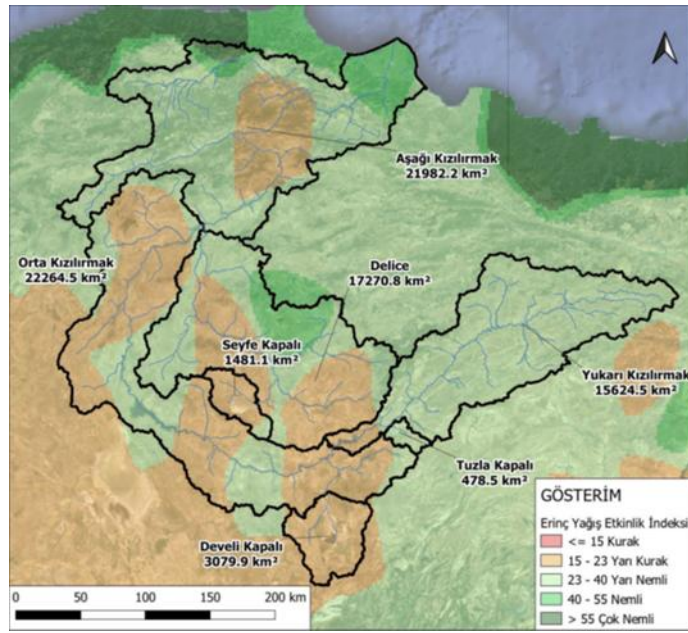
1. Mevcut barajlar ve göletlerin göl yüzeyi üzerini siyah polietilen (veyahut suda çözünmeyen bir madde) toplar ile kaplamak uygun görülebilmektedir. Örneği ABD, Kaliforniya'da Las Virgenes Rezervuarı'nda görülen bu uygulama sayesinde buharlaşma yaklaşık olarak %80-%90 oranında azaltılmıştır. Güneşin zararlı etkilerinin de engellenmesiyle, içme suyu için daha kaliteli bir su elde edilmiştir.

2. Baraj göllerindeki üstteki sıcak su ile alttaki soğuk suyun yer değiştirmesinin sağlanması tabakalaşmanın önüne geçer. Bu sayede su sıcaklığı azaltılmış olur. Bu yöntem ile buharlaşma yaklaşık olarak %15 azaltılabilmektedir. Bu yöntem derin barajlarda (20 m derinliği olan barajlar) daha iyi sonuçlar verebilmektedir.

3. Tarımda sulama için yağmurlama sulama veya damlama sulama gibi su tasarrufu sağlayan uygulamaları seçerek azalan su miktarına karşı tedbir alınabilmektedir. Sulama suyu ihtiyacının, kaynaktan saptırılarak sulama için kullanılan suya oranına sulama randımanı denir. Tarımda sulama randımanı oranı ülkemiz için çok düşüktür. 2005

yılı verilerine göre DSİ ve devredilen sulamalarda sulama oranı sırasıyla %23 ve %59'dur. Tarımda aşırı su kullanımı, Türkiye'de sulama randımanını düşüren en önemli faktördür. DSİ ve devredilen sulamalarda 2005 yılında 10.553 m<sup>3</sup>/ha su verilmiş ve sulama randımanı %43 olarak gerçekleşmiştir.

Klasik sulama sistemlerinde, sulama parsellerinin küçük olması, karık veya tava boyutlarının uygun seçilememesi su yönetimini güçleştirmektedir. Bu nedenle sulama randımanı düşmekte ve dolayısıyla tarla içi su kayıpları artmaktadır. Tava veya karık sulama yöntemleri kullanıldığında ideal koşullarda tarla su uygulama randımanı %60 civarındadır. Şebekedeki diğer kayıplar da (sızma, buharlaşma ve işletme kayıpları) ilave edilirse randıman %50'ye kadar düşmektedir. Klasik sulama yöntemleri yerine yüksek basınç ile yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin kullanılması, randımanı %60'dan %90'a kadar çıkabilmektedir. Bu da yaklaşık %30'luk bir su tasarrufu demektir.



Şekil 4. Erinç yağış etkinlik indeksi'ne göre havzadaki iklimsel sınıflar.

## KAYNAKÇA

1. UNCCD. The United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. Geneva: United Nations Environment Programme (UNEP), 1995.
2. Şehsuvaroğlu, L. Su Barışı-Türkiye ve Ortadoğu Su Politikaları, Ankara, 2000.
3. Yılmaz, D., Kocabaş, İ. Küçük menderes havzası su kaynakları üzerinde barajların etkisi, 5<sup>th</sup> International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management, s. 59-81, 2021.
4. DSİ, Kızılırmak Havzası Master plan raporu, 2018.
5. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-Projeksiyonlari-2013-2075-15844#:~:text=Nüfus%202050%20yılına%20kadar%20vavaş.172%200088%20kisi%20olması%20beklenmektedir.&text=Demografik%20östergelerdeki%20mevcut%20eğilimler%20devam%20ettiği%20tadırde%20Türkiye%20nüfusu%20yaşlanmaya%20devam%20edecektir.> (Erişim tarihi 19.02.2023)
6. <https://www.mgm.gov.tr/genel/buharlasma.aspx?s=2> (Erişim tarihi: 19.02.2023).
7. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (İDSKEP), 2016.
8. Hacısalihoğlu S., Karaer F. Göllerde su bütçesi hesaplaması: Uluabat Gölü Örneği, Toprak Su Dergisi, 7 (2): (21-27), 2018.
9. Bayoğlu, S. "Küçük barajlarda buharlaşmanın azaltılması". Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University 0 (1964): 124-127.
10. Pınarlık, M. "Barajların buharlaşma ve sediment etkisi altında işletme performanslarının değerlendirilmesi". Doktora tezi Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2020.

11. Kızılırmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı, Stratejik Çevresel Değerlendirme Taslak Kapsam Belirleme Raporu, Ankara, Haziran 2022.

12. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Kızılırmak Havzası akım gözlem istasyonları (AGİ) verileri, 2001-2013.



## Kil Zeminlerin Mekanik Davranışına Tuz Çözeltileri Etkisi

Uğur Eren YURTCAN

Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, İnşaat Teknolojisi Programı, Bingöl/Türkiye.  
ORCID: 0000-0001-5040-2786

Sorumlu Yazar: ugurereny@gmail.com

Geliş tarihi:10.02.2023

Kabul tarihi:31.08.2023

### Özet

Kil zeminlerin kohezif karakterli olması ve su tutma davranışının non-plastik zeminlere kıyasla farklı mekanizmalarla işliyor olması nedeniyle yük altındaki mekanik davranışı da farklı mekanizmalarla açıklanmaktadır. Non-plastik zeminlerden farklı olarak killerin sıkışma, makaslama kuvvetlerine dayanma, su tutma gibi mekanik davranışında elektriksel ve moleküler kuvvetler etkindir. Kil daneleri arasındaki etkileşime etki eden kuvvetler üzerinde değişime yol açabilecek tüm dış etkiler kilin mekanik davranışına da etki etmektedir. Dolayısıyla killerin mekanik davranışları boşluk suyu kompozisyonundan etkilenmektedir. Kohezif zeminlerin su tutma davranışını etkileyen ortam sıcaklığı, pH, boşluk suyunun yalıtkanlık sabiti (dielectric constant – DC), iyon konsantrasyonu (çözünmüş tuz miktarı) gibi etkenler aynı zamanda mekanik davranışına da etki etmektedir. Yazı kapsamında kil zeminlerin mekanik davranışına etkileyen bu etkenlerden sadece boşluk suyundaki tuz yoğunluğunun etkisi incelenecektir. Bu amaçla öncelikle başucu niteliğindeki kitaplardan yola çıkarak kil-tuz etkileşiminin temel mekanizması ana hatlarıyla açıklanmaya çalışılmıştır. Sonrasında yakın dönemde yapılmış güncel yayınlardaki bulgularlar, kil – kimyasal etkileşiminin temel mekanizmalarıyla irdelenerek etkileşimin genelden özele izahına çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Su Adsorpsiyonu, Kil-Kimyasal Etkileşimi, DDL, Sıkışabilirlik, Kayma Dayanımı

### Effect of Salt Solutions on the Mechanical Behavior of Clay Soils

#### Abstract

The mechanical behavior of clay soils under load is also explained by different mechanisms, since they have a cohesive character and their water retention behavior works by different mechanisms compared to non-plastic soils. Unlike non-plastic soils, electrical and molecular forces are effective in the mechanical behavior of clays such as compression, resistance to shear forces, and water retention. All external effects that may cause a change on the forces acting on the interaction between clay particles also affect the mechanical behavior of the clay. The mechanical behavior of clays is affected by the pore water composition. Factors such as ambient temperature, pH, dielectric constant of pore water (dielectric constant – DC), ion concentration (amount of dissolved salt) that affect the water holding behavior of cohesive soils also affect their mechanical behavior. Within the scope of the article, only the effect of salt concentration in the pore water will be examined among these factors affecting the mechanical behavior of clay soils. For this purpose, the basic mechanism of clay-salt interaction has been tried to be explained with the main lines, starting from the books that have the quality of a bedside book. Afterwards, the findings in recent publications were examined with the basic mechanisms of the clay-chemical interaction, and the interaction was tried to be explained from general to specific.

**Keywords:** Water Adsorption, Clay-Chemical Interaction, DDL, Compressibility, Shear Strength

## 1. GİRİŞ

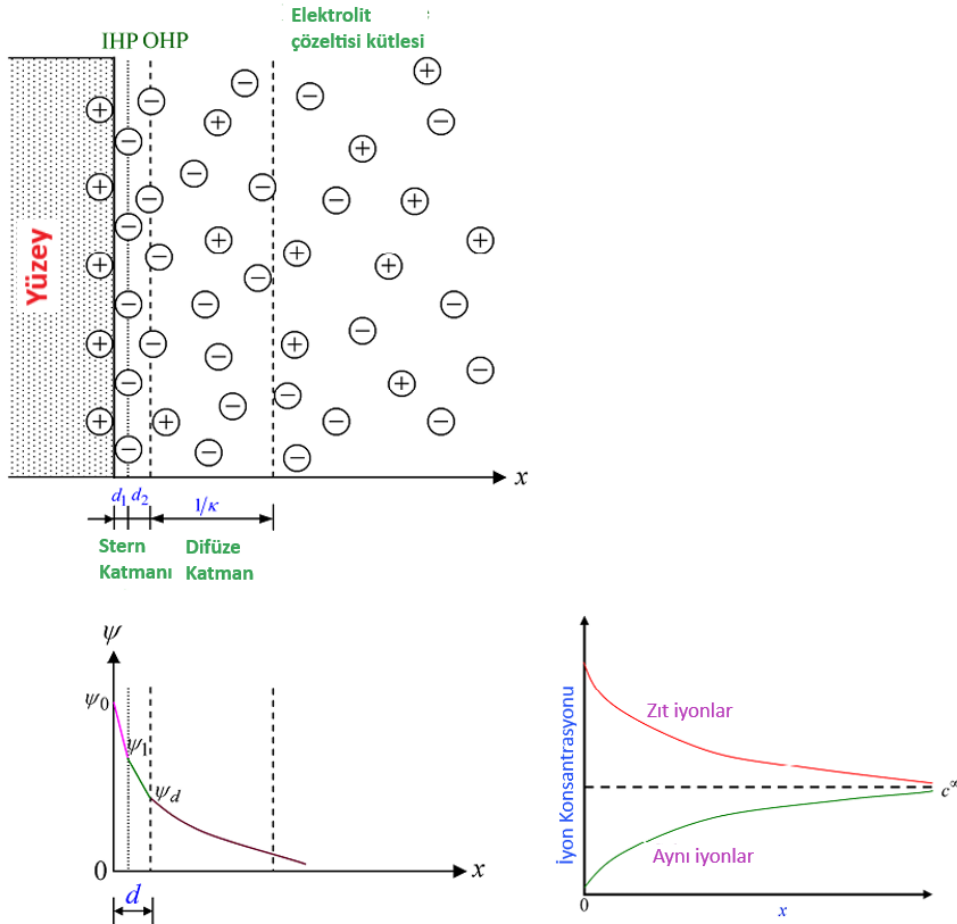
Killerin sıkışabilirlik ve kayma dayanımı gibi mekanik davranışları boşluk suyu kompozisyonundan etkilenmektedir[1–8]. Killerin atterberg limiti değerleri killi zeminlerin sınıflandırılmasında kullanılıyor olsa da şişme davranışı, sıkışabilirlik, kayma dayanımı ve kompaksiyon parametreleri ile kıvam limitleri arasında ilişki

olduğu düşünülmektedir ve kıvam limitleri ile killerin mekanik davranışı arasındaki ilişki birçok yayında incelenmiştir[9–12]. Yapılan çalışmalar bu davranışın altındaki temel mekanizmayı kendi çalışmalarının bakış açısından ancak farklı noktalarından ve ihtiyaçlarıyla sınırlı olarak açıklamışlardır. Bu yazı kapsamında kil mineralinin tuz çözeltileriyle etkileşiminde etkin olan temel mekanizmanın mevcut verilerin derlemesiyle açıklanmasına çalışılacaktır.

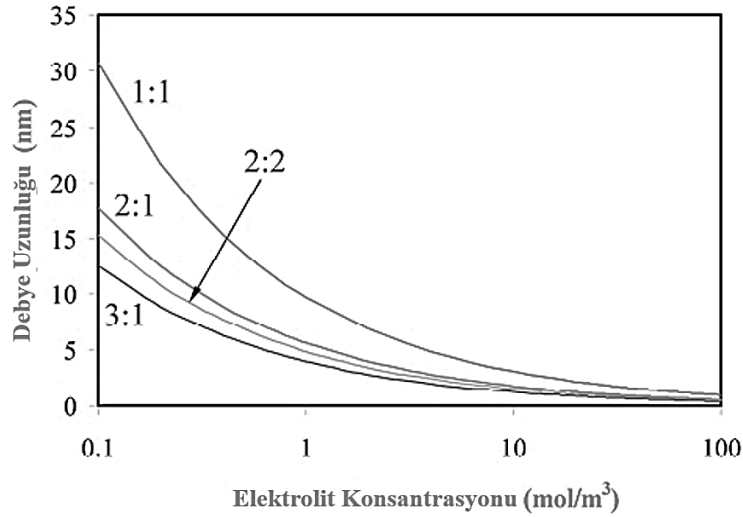
## 2. SU TUTMA DAVRANIŞI ve YAPI ÜZERİNE TUZ ÇÖZELTİLERİNİN ETKİSİ

### 2.1. Çift Difüze Katman (Double Diffuse Layer – DDL) Kalınlığına Tuz Çözeltilerinin Etkisi

Negatif yüklü kil minerali yüzeyi, zıt yüklü iyonları Coulomb çekme kuvvetiyle yüzeye çeker. Ancak ozmotik basınç kuvvetleri zıt yüklü iyonları yüzeyden uzağa iter. Zıt etkiyen bu iki kuvvetin oluşturduğu dinamik denge *çift difüzyon katmanını* (double diffuse layer – DDL) oluşturur (Şekil-1) [1,13–15]. Zıt yüklü iyonların yüzeye yaklaştıkça yoğunlukları artmaktadır. Dinamik denge halinde olan bu katman yüzeye yakın bir yerde ikiye ayrılır: Stern ve Gouy-Chapman katmanları. Adsorbe iyonlardan oluşan yoğun ve sıkışık olan içteki tabaka Stern katmanıdır, iç ve dış helmholtz düzlemlerinden oluşur. Bu katmanın kalınlığı ise Debye Uzunluğu ( $1/\kappa$ ) kadardır [1,13,15]. Debye uzunluğu, çözücü içerisindeki elektrolit yoğunluğundan oldukça etkilenmektedir. Elektrolit yoğunluğunun artışıyla yüzeydeki sıvı-katı temas yüzeyindeki yük artışından dolayı çift katmanın etki bölgesi yani kalınlığı azalır (Şekil-2) [13,15]. Yani negatif yüklü kil yüzeye tutunan her iyon tutuk su katmanı kalınlığını değerliğiyle orantılı olarak düşürür.



Şekil 1. Stern ve Gouy – Chapman Katmanları [13]



Şekil 2. Farklı elektrolitlerin yoğunluğuna bağlı olarak debye uzunluğunun değişimi [13]

Çift difüze katman (double diffuse layer – DDL) sınırları dahilindeki su molekülleri hidrojen (stern katmanındaki moleküller) ve van der waals kuvvetleriyle (difüze katmandaki moleküller) tutulmaktadır. Bu katman moleküler çekme kuvvetleri ve ozmotik kuvvetlerle beraber dinamik bir denge halindedir. Polar (kutuplu) yapıdaki su molekülleri negatif yüklü kil yüzeyine tutunmaktadır. Ancak dengedeki bu katmanın doğası gereği kil yüzeyine tutunan katyonlar çift difüze katman kalınlığının katyon değerliğiyle orantılı olarak kısalmasına neden olur [1,16]. Birbirleriyle en az DDL kalınlığı kadar uzak olan kil levhaları da DDL'nin kısalmasıyla birbirlerine yaklaşır.

## 2.2. Yapı ve Likit Limite Tuz Çözeltilerinin Etkisi

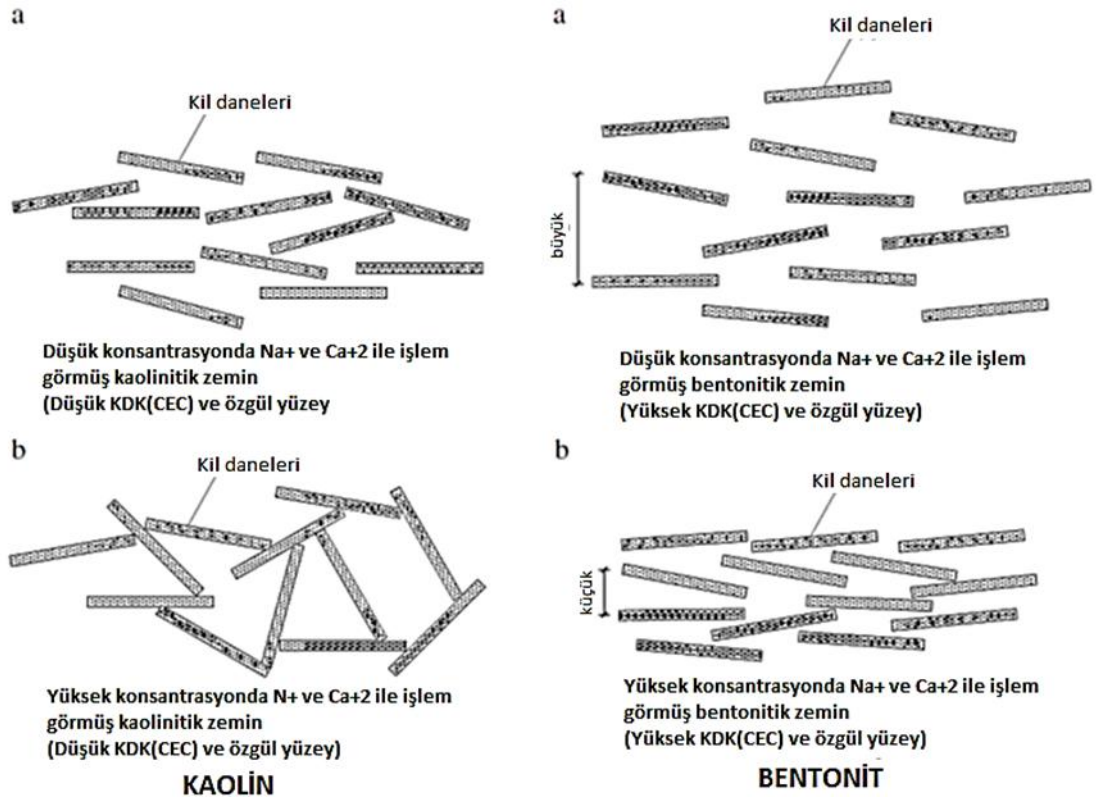
Özgül yüzeyi oldukça yüksek olan ve tipik mineral kristal kalınlığı 3nm civarlarında olan montmorillonitin (2:1 smektit grubu) baskın mineral olduğu killer, oldukça yüksek su tutma kapasitesine sahipken özgül yüzeyi kıyasla oldukça küçük olan kaolinitin (1:1 kaolinit grubu) baskın mineral olduğu killerin su tutma kapasitesi kıyasla oldukça düşüktür[1]. Su tutma davranışındaki bu farklılık nedeniyle killi zeminin bünyesindeki hâkim mineral tipi, mekanik davranışında da farklılıklar yaratmaktadır.

Özellikle Di Maio [17] Na-Montmorillonit ile yürüttüğü çalışmasında herhangi bir tuz tipi için 1M'e kadar likit limite hızlı bir düşüşe yol açtığını ve daha yüksek molaritelerde likit limitteki düşüşün az olduğunu belirtmiştir. Horan [18], sıfırdan 4,4M'a kadar farklı derişiklikteki NaCl çözeltileri ile killerin mekanik davranışını incelediği çalışmasında sadece molarite artışıyla likit limite sert bir düşüş olduğundan bahsetmiştir. Horpsibulsuk [19], Na-Kaolin için M artışıyla (0,001M – 0,01M) likit limitin (LL) arttığını Na-Bentonit için ise M(0,0001M-0,001M) artışıyla likit limitin (LL) azaldığını ifade etmiştir. Farklı boşluk suyu kimyası ile killerin fiziksel özellikleri baskın kil mineralinin montmorillonit veya kaolin olmasına bağlı olarak iki farklı mekanizma ile kontrol edildiğinden bahsetmiştir. Montmorillonitik veya şişen zeminlerin fiziksel özelliklerine DDL katkısı baskınken, kaolinitik killerde montmorillonitik killere kıyasla kısa olan DDL kalınlığının daha da kısalmasıyla kaolinitik zeminlerde topaklanmaya yol açtığından bahsetmiştir. Kaolinitik killerde çekme kuvvetleri büyük ve itme kuvvetleri küçük olduğunda kaolinitik zeminlerde daneler E-F bağlantıları kuracağından açık foliküle strüktür daha büyük kayma dayanımı ve daha yüksek su tutuma kapasitesine sahip olacağından bahsetmiştir. Ancak yazarın 0,001M-0,01M gibi düşük molar aralıkta çözeltilerle çalıştığına dikkat etmek gerekmektedir. Naeini [20] liner olarak kullanılan düşük ve yüksek plastik killerle killerin kayma dayanımını incelediği çalışmasında tuz (NaCl) konsantrasyonunun %2'nin (yaklaşık 0,34M NaCl çözeltisi) üzerine çıktığı andan itibaren drenajsız kayma dayanımında hızlı bir artış gözlemlendiğini ancak %10'un (yaklaşık 1,71M NaCl çözeltisi) üzerine çıkmasıyla kilin yapısında kimyasal yapısında bozulmayla hızlı bir düşüş gözlemlendiğini ifade etmiştir. Sridharan [21], yalıtkanlık sabiti (dielectric constant – DC) ile likit limitin ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Elektriksel çekme kuvvetleri, boşluk suyu DC'i ile ters orantılı olarak değişmektedir ve itme kuvvetleri DC ile doğrudan arttığını belirtmiştir. Calvello [22] smektit grubu killerle yürüttüğü çalışmasında maksimum dayanım, hidrolik iletkenlik ve maksimum LL ve sıkışabilirlik saf su ile elde edildiğini ifade etmiştir. Özellikle saf su ve deniz suyu derişikliğindeki (0,6M NaCl) çözelti aralığında kilin likit limitindeki düşüşün oldukça belirgin olduğu ve sonrasında likit limitteki azalmanın oldukça az olduğunu ifade etmiştir. Song et al. [23], doğal killerle yürüttüğü

çalışmasında likit limitin boşluk suyu tuzluluğunun azalışıyla azaldığını ifade etmiştir. Bu azalışın, kaolinit ve illitin birincil mineral olduğu zeminlerde (şişmeyen killer için) tuzun sızmasıyla daneler arası çekme kuvvetinin artmasıyla ifade etmiştir. Yazar çalışmasında 0,075M-0,5M aralığında NaCl çözeltileriyle çalışmıştır. Dor [24], kil mineral tipi ve çözelti kimyasının kil levhacıklarının kendi içerisinde oluşturduğu hiyerarşik yapı (levhacık, taktodid veya agregata) sistemlerinin oluşum ve etkileşimlerini etkilediğini belirtmiştir. Yazara göre kil agregatları saf suda nispeten düzensiz ve kenardan yüze dizilimi (E-F) hâkimken tuz çözeltilerinde agregatlarda daha yüksek düzeyde düzgün dizilim söz konusu ve yüzden yüze (F-F) dizilim hâkimdir. Çözelti yoğunluğun levhacıklar arasındaki itme kuvvetlerini azaltması ile daneler arası mesafe azalmakta ve böylece daha uyumlu paralel dizilim gerçekleşmektedir. Bu dizilimdeki en büyük etki, -yüzeyin hidrasyon düzeyi (su tutma kapasitesi), levhacık (platelet) arası mesafe, KDK (katyon değişim kapasitesi – CEC), özgül yüzey de göz önüne alındığında- kil levhacıkları (platelet) arasındaki kimyasal etkidir (bağ enerjisi gibi). Kaolinit plateletleri, oktahedral -O ve -OH grupları ve bitişiğindeki tetrahedral yapılar arasındaki hidrojen bağlarla bağlanmaktadır. İllitin aşırı katman yükü, iki tetrahedral yaprak arasında kubo-oktahedron koordinasyonunun Şekillendirdiği hegzagonal boşlukların içinde mobilize sabit potasyum katyonlarıyla sabitlenmektedir. Montmorillonitte tam tersine plateletler Van Der Waals kuvvetleriyle bir arada kalmakta ve yüzey yükü değişebilir katyonlarla dengelenmektedir. Tüm bu çalışmalara bakıldığında kil minerali ve tuz çözeltilerinin etkileşimini makalelerin özgün bakış açısıyla değerlendirip benzer sonuçlar elde etmişlerdir. İstisnalar hariç olmak üzere ağırlıklı olarak bu duruma neden olan mekanizma üzerinde durmaktansa çalışmalarındaki bulgulara odaklandıklarından sınırlı açıklamalarla yetinmişlerdir.

Ortaya konan bulgular özetlenecek olursa; smektit grubu killerde su tutma davranışı çift difüze katman (DDL) kalınlığıyla kontrol edilmektedir. Bu nedenle boşluk suyu tuz molaritesi artışıyla likit limit de azalmaktadır. Smektit grubu killerle yürütülen çalışmalarda suyun likit limiti düştükçe sert düşüşün görüldüğü tuz molaritesi sınır değeri de azalmaktadır [2,17,25]. Deniz yoğunluğunu (~0,6M) aşan derişiklikteki çözeltilerde çift difüze katmanın (DDL) yeterince incelendiğinde danelerin yaklaşmakta ve topaklanma hızlanmaktadır. Birçok yazarın saf sudan yaklaşık deniz suyu derişikliği arasında kilin mekanik davranışındaki değişimin azami olduğunu ifade etmesi bu vargıyı destekler niteliktedir [17,18,20,22,23]. Bu nedenle bentonit için boşluk oranı ve sıkışabilirlik molarite artışıyla azalmaktadır. Çift difüze katman kalınlığının su tutma davranışında belirleyici olduğu smektit tipi kil minerallerinin baskın olduğu kil zeminlerde boşluk suyunun tuz yoğunluğunun artışıyla su tutma kapasitesinin düşmektedir. Kaolinit ve illitin birincil mineral olduğu zeminlerde (şişmeyen killer için) tuzun sızmasıyla daneler arası çekme kuvveti artmaktadır. Diğer yandan tuz çözeltisinin molaritesinin artışıyla kenardan yüze (E-F) dokusal birleşimin oluşmasını teşvik ederek daha yüksek boşluk oranı ve su tutma kapasitesi sağlamakta ve sıkışabilirliği arttırmaktadır [8,23].

Kaolin grubu killer için tuz etkisi ile likit limitin değişimi üzerine farklı görüşler yer almaktadır. Bazı çalışmalara göre kaolin için tuz molaritesi artsa da likit limit değeri azalmakta [2,19,26]; bazılarına göre sabit kalmakta [6,25] ve bazılarına göre azalmaktadır [27,28]. Kaolin için sözü edilen farklı su tutma davranışları kilin saflık durumu ve tuz molaritesine bağlı olarak derişiklik göstermektedir. Düşük molaritelerden itibaren (0,01M-0,1M) kaolinitik killerde kenardan yüze (E-F) tipi doku etkin olmaktadır (Şekil-3) [19]. Daha yüksek molaritelerde (0,1M ve üzeri) molarite artışıyla hızla kısalan DDL boyu ile tamamen yüzden yüze (F-F) tipi doku hâkim olmakta ve hatta tahrip olmaktadır. Tahrip olma sınırını geçen kilin genel davranışı nonplastik zemin davranışına doğru evrilmektedir [28].

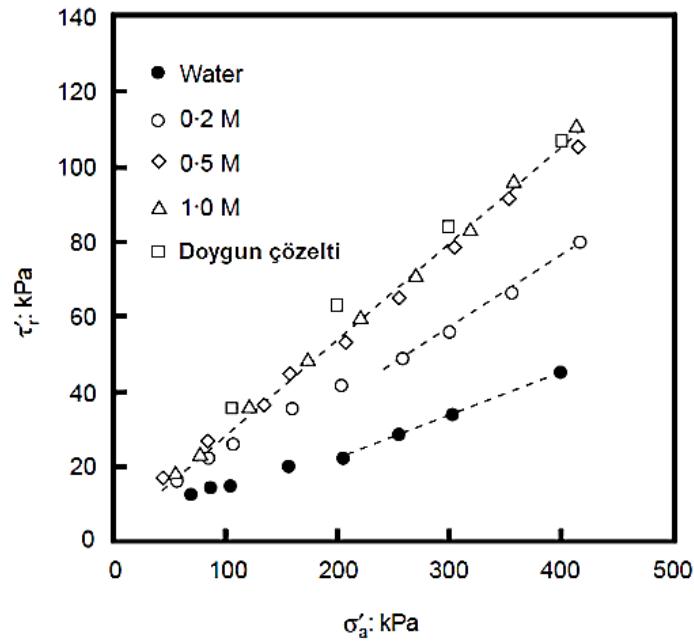


**Şekil 3.** İyon konsantrasyonu ve değerliğinin kaolin ve bentonit kilinin dokusuna etkisi (0,001-0,1M NaCl ve CaCl<sub>2</sub> ile çalışılmıştır) [19]

Kaolinit grubu minerallerin (1:1) baskın olduğu kil zeminlerde kil daneleri düşük tuz yoğunluğunda (0,2M altında) yüzden kenara (E-F) birleşimi; yüksek tuz yoğunluğunda (0,2M üzerinde) yüzden yüze (F-F) birleşimiyle topaklanmaktadır. Düşük tuz yoğunluğunda oluşan yüz-kenar tipi topaklanma neticesinde boşluk oranı artışı ve su tutma kapasitesinde artış gözlenmektedir. Yüksek tuz yoğunluğunda difüze çift katmanın çok kısılmasıyla yüz-yüz tipi topaklanma neticesinde su tutma kapasitesinde düşüşe neden olmaktadır. Smektit grubu minerallerin (2:1) baskın olduğu zeminlerde ise tüm tuz yoğunluklarında difüze çift katmanın kısılmasıyla daneler yaklaşmakta ve kilin su tutma kapasitesinde düşüş gözlenmektedir (Şekil-3) [19].

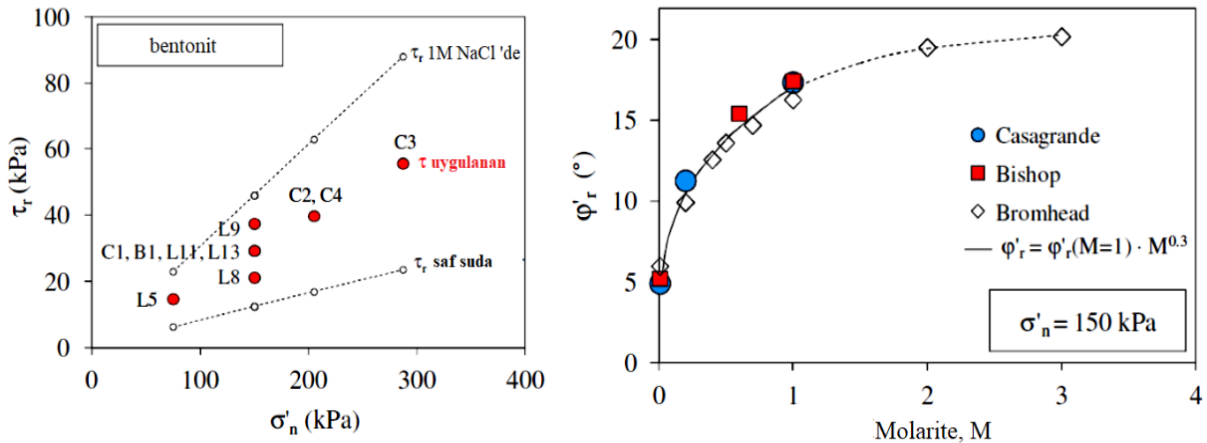
### 3. REZİDÜEL KAYMA DAYANIMI PARAMETRELERİNE TUZ ÇÖZELTİLERİ ETKİSİ

Doğru tuz çözeltilerine maruz kalan bentonit kilinde büyük hacim düşüşleri ve büyük rezidüel kayma dayanımı artışı gözlemlenmiştir (şekil-4). Di maio [17] Na<sup>+</sup> 'a maruz kalan bentonit kilinin tekrar distile suya maruz kaldığında su tutma davranışında tersinirlik gözlenirse de rezidüel kayma dayanımındaki azalma sınırlı düzeyde kaldığını belirtmiştir. K<sup>+</sup> ve Ca<sup>+2</sup> iyonlarına maruz kalmış kilde tekrar saf suya maruz kaldığında tersinir davranış gözlemlenmediği belirtilmiştir.



Şekil 4. Çeşitli NaCl çözeltileri için aksenal gerilmeye karşı rezidüel kayma dayanımı değişimi [17]

Özellikle heyelan bölgelerinde lokal kayma dayanımı parametrelerinin değişimi hareketin başlamasına ve heyelanın etki ettiği bölgenin alanına kadar birçok konuda öneme sahiptir. Özellikle Scaringi'nin [29] derin denizel kil bölgesinde gerçekleşmiş bir heyelan üzerine yürüttüğü çalışma dikkat çekicidir. Çalışmada heyelan düzlemindeki tuz yoğunluğunun stabil bölgelere kıyasla oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma dahilinde yürütülen deneysel çalışmalarda doymun tuz çözeltilerine maruz kalan kilde büyük hacim düşüşleri ve büyük rezidüel kayma dayanımı artışı gözlemlenmiştir. Çalışmada elde edilen tuz yoğunluğu değişimiyle rezidüel kayma dayanımı parametrelerinin değişimi Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. NaCl çözeltisi molaritesi değişimiyle bentonitin rezidüel kayma dayanımı parametreleri değişimi [29]

Smektit grubu killerin kayma dayanımındaki değişikliğin de difüze çift katman kalınlığının değişimiyle şekillenmektedir. Tuz etkisiyle çift difüze katman kalınlığı (DDL) kısalmakta ve dokuyu yeni bağlar oluşturmaya teşvik etmektedir. Böylece molarite artışıyla kayma dayanımı da artacaktır. Kaolin grubu killerin kayma dayanımı çift difüze katman kalınlığındaki değişimden ziyade özgül yüzeyinin smektit grubu killere kıyasla çok daha küçük olmasından dolayı mekanik kuvvetlerle şekillenmektedir. Kaolin kilinin davranışındaki değişikliği de çift difüze katman kalınlığı ile ilişkili olsa da DDL kalınlığının kısalması hızlı bir folikülasyona neden olmaktadır ve kaolin kilinin kayma dayanımının artmasına neden olmaktadır [17,25,29,30]. İki kil grubu için de tuz etkisi benzer mekanizmaların işlemesiyle küçük farklılıklarla benzer sonuçlar doğurmaktadır. Tuz

çözeltileri hem smektit hem de kaolinit grubu killerde hacim azalmasıyla beraber rezidüel kayma dayanımında artışa yol açmaktadır.

#### 4. KONSOLIDASYON PARAMETRELERİNE TUZ ÇÖZELTİLERİ ETKİSİ

Jang et al. [8], killerin su içerisinde çökerek doku oluşturma sistemlerini incelediği çalışmasında montmorillonitik killerde artan tuz yoğunluğuyla daneler arası etkileşimin DDL özellikleriyle belirlendiğinden bahsetmiş ve tuz artışıyla danelerin yaklaştığını ve topaklaştığından bahsetmiştir. Tuz artışıyla süspansiyon içinde çökme sırasında dağılımın homojenlikten uzaklaşarak daha çok süspansiyon gibi davrandığından bahsetmiştir. Doku oluşturmadaki bileşim şekillerinden çok danelerin daha çok birbirine yaklaşarak topakların büyümeye başladığına işaret etmiştir. Kaolin için ise saf suda kenardan yüze (E-F) doku oluşturarak yüksek boşluk oranına sahip olduğundan ve sıkışabilirliğinin yüksek olduğundan ve tuzlu suda yüzen yüze (F-F) birleşimin hâkim olduğundan ve sıkışabilirliğin düşük olduğundan bahsetmiştir. Song et al. [23], boşluk suyu tuzluluğu ve likit limitin sıkışabilirliğe etkisini incelediği çalışmasında başlangıç su içeriğinin yüksek olduğu numunelerde kıyasla yüksek deformasyon ve tuz içeriğinin artışıyla sıkışabilirlikte azalma gözlemlendiğini ifade etmiştir. Kaolinitik ve illitik killere gibi şişmeyen killerde tuzlu su sızıntısı sıkışabilirliği arttırdığından bahsetmiştir. Çalışmanın en dikkat çekici kısmı Doğal killerin boşluk suyu tuzluluğunun değişimiyle oksit bileşenlerde değişiklik olmadığını ifade etmesidir. Dolayısıyla boşluk suyu tuzluluğunun değişimi sırasında hiç kimyasal reaksiyon oluşmamaktadır. Bu durum NaCl çözeltileri ile kil mineralinin etkileşiminin tersinir olması durumunu [17] desteklemektedir. Bu nedenle boşluk suyu tuzluluğu değişiminin sıkışma davranışına etkisi, tuzluluğun fiziksel özelliklere etkisiyle izah edilebilmektedir. Nguyen et al. [31], yüksek plastik iki doğal kil numunesi e 0-0,5M aralığında NaCl çözeltileri kullandığı çalışmasında boşluk suyu kimyasının hidromekanik davranışa etkisini incelemiştir. Boşluk suyu tuzluluğu etkisi, mineraloji, gerilme durumu ve tuz yoğunluğuna bağlı olarak; sıkışabilirlik üzerindeki kimyasal etkinin eksenel yükün artışıyla zayıfladığından bahsetmiştir. Kimyasal etkinin artışı belli bir tuz içeriği değerine kadar artış gösterdiğini ifade etmiştir. Fiziko-kimyasal ve mekanik kuvvetler arasındaki rekabetin boşluk suyu kimyası kompozisyonu etkisinin hidromekanik davranışın fizikokimyasal etkiyle domine edildiği düşük gerilme düzeylerinde açık gözlemlenebildiğini söylemiştir. Anlaşılabileceği üzere sıkışma davranışında özellikle fiziko-kimyasal kuvvetlerin yük taşıma mekanizmasında daha etkin olduğu montmorillonitik killerde dış yük ile içsel kuvvetlerin dengesi de oldukça önemlidir. Horpsibulsuk et al. [19], çalışmasında kaolin ve smektit grubu killerin sıkışma ve geçirimsizlik davranışının tuz etkisiyle nasıl değiştiğini incelemiştir. Yazara göre farklı boşluk suyu kimyası ile killerin fiziksel özellikleri baskın kil mineralinin montmorillonit veya kaolin olmasına bağlı olarak iki farklı mekanizma ile kontrol edilmektedir: Kaolinitik zeminlerde boşluk suyu tuzluluğunun artması topaklanmaya yol açar. Bunun sonucunda LL ve kayma dayanımında artış gözlemlenir. Çekme kuvvetleri büyük ve itme kuvvetleri küçük olduğunda kaolinitik zeminlerde daneler E-F bağlantıları kurar. Açık foliküle strüktür daha büyük kayma dayanımı ve daha yüksek su tutuma kapasitesine sahip olur. Montmorillonitik veya şişen zeminlerin fiziksel özelliklerine DDL katkısı baskındır. İyon konsantrasyonu ve değeri artışıyla DDL kalınlığı kısalmış ve montmorillonitik zeminlerin LL' i azalmıştır. Aynı boşluk oranında montmorillonitik killere ise boşluk suyu tuzluluğunun artışıyla düşük sıkışabilirlik sağlamaktadır.

Çalışmalardan elde edilen ve makaleler için ortak olan detay bulgular kabaca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

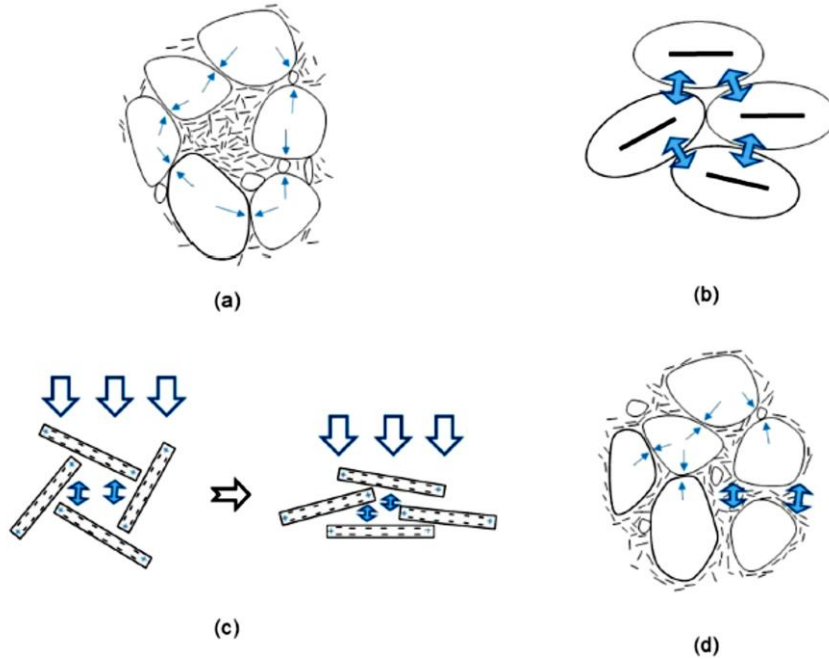
- Killerde sıkışma veya kayma kuvvetlerine direnç gibi mekanik davranışları zemin iskeleti ve boşluk suyu arasındaki etkileşimin sonucudur. Bu etkileşimde mineral tipi, boşluk suyu içeriği, boşluk oranı ve harici gerilme miktarına bağlıdır.
- Smektit grubu mineralin baskın olduğu killerde davranış çift difüze katman (double diffuse layer-DDL) kalınlığı değişimiyle şekillenmektedir.
- Kaolinitik killerde de davranışta çift difüze katman (double diffuse layer-DDL) kalınlığı etkin olsa da kil mineralinin özgül yüzeyine kıyasla çift difüze katman (double diffuse layer-DDL) kalınlığı oldukça kısa olduğundan boşluk suyundaki tuz etkisiyle dokudaki yük aktarma fiziko-kimyasal kuvvetlerin (kohezif kuvvetler) etkisinden mekanik ve fiziko-kimyasal etkinin beraber etkin olduğu karışık doku yapısına hızlı geçiş sağlamaktadır.
- Boşluk suyu tuzluluğunun ve tuz değerliğinin artışıyla,
  - ✓ Likit limit azalmaktadır.
  - ✓ Rezidüel kayma dayanımı ( $\tau_r$ ) ve rezidüel içsel sürtünme açısı ( $\phi_r$ ) artmaktadır.
  - ✓ e-logp grafikleri aşağı yönde baskılanmaktadır.
  - ✓ Permabilite katsayısı (k), konsolidasyon katsayısı ( $C_v$ ) artmaktadır.

- ✓ Sıkışma indisi ( $C_c$ ) ve şişme indisi ( $C_s$ ), hacimsel sıkışma katsayısı, birincil konsolidasyon bitiş süresi ( $t_p$ ) ve ikincil sıkışma katsayısı ( $C_\alpha$ ) azalmaktadır.
- Parametrelerdeki değişiklikler göz önüne alındığında yapı ve dokudaki değişimler gibi başka mekanizmaların etkisi de olabileceği gibi kabaca boşluk suyu tuz yoğunluğunun artışıyla baskılanan çift difüze katman (double diffuse layer-DDL) kalınlığı ile boşluk oranındaki düşüşün sonucu oluştuğu görülmektedir.
- İster kayma dayanımı parametreleri ister konsolidasyon parametrelerindeki değişim olsun, boşluk suyu molaritesinin belirli bir molarite değerine kadar artışıyla parametreler üzerindeki etkisi, sözü edilen belirli molarite değeri üzerindeki molaritelerdeki artışa kıyasla parametreler üzerinde oldukça büyük değişimlere yol açmaktadır. Bu değer hâkim kil mineraline ve kil içeriğindeki mineral yüzdesine bağlı olarak oldukça değişiklik göstermektedir.
- Sıkışma davranışında tüm kil türlerinde harici yük (konsolidasyon basıncı) artışıyla boşluk tuzluluğunun etkisiyle gözlemlenen değişimler silikleşmektedir

Çalışmaların genel sonuçları göz önüne alındığında zeminlerin yük altındaki davranışında sadece su tutma davranışları değil aynı zamanda nasıl bir başlangıç dokusuna sahip olduklarının da önemli olduğu görülmektedir [8]. Killerin su tutma davranışlarına bağlı olarak oluşturdukları doku temel mekanik davranışında yük aktarma mekanizması önemli olduğu da görülmektedir. Zemin dokusunun nasıl yük aktardığı oturma davranışında da etkin rol oynamaktadır. Yük aktarmada etkin olan doku tipleri aşağıdaki gibidir;

- Mekanik kuvvetlerin etkin olduğu doku,
- Elektriksel kuvvetlerin etkin olduğu doku,
- Hem mekanik hem de elektriksel kuvvetlerin etkin olduğu karışık doku.

Mekanik kuvvetlerin etkin olduğu doku iri daneli zeminleri temsil etmektedir ve daneleri temas noktalarından fiziksel olarak aktarmasıyla yük aktarılmaktadır (Şekil-6(a)). Elektriksel kuvvetlerin etkin olduğu doku hâkim kil mineraline göre şekillenmektedir. Smektit grubu killerin dokusu DDL kalınlığı ile şekillenmektedir (Şekil-6(b)). Yük aktarımı elektriksel kuvvetlerle gerçekleşmektedir. Diğer yandan kaolin grubu killer düşük basınçta yüksek boşluk oranına sahip ancak sıkışabilir ve orta basınç altında çökebilir dokuyla yük aktarmaktadır(Şekil-6(c)). Karışık dokularda yük aktarımının hem mekanik hem de elektriksel kuvvetlerle gerçekleşmektedir (Şekil-6(d)) [1,8].





**Şekil 6.** Doku bazlı harici yük aktarma mekanizması. (a) Mekanik kuvvetlerin etkin olduğu doku, (b ve c) elektriksel kuvvetlerin etkin olduğu doku (d) Karışık doku [1,8]

Kaolinin saf suda çökerek oluşturduğu yapıda kenardan yüze tipi doku hâkim olmaktadır. Kenardan yüze (E-F) tipi doku yüksek boşluk oranına sahip olduğundan, sıkışabilirliğinin yüksek olmaktadır. Diğer yandan tuzlu suda çökelen kaolin tipi kilde yüzden yüze (F-F) tipi doku hâkimdir ve sıkışabilirliği düşüktür. Bentonit için ise boşluk oranı ve sıkışabilirlik çift difüze katman ile şekillenmektedir. Boşluk oranı ve sıkışabilirlik boşluk suyundaki iyonik konsantrasyonun artışıyla azalmaktadır [8]. Killerin boşluk suyu tuzluluğunun değişimiyle oksit bileşenlerde değişiklik olmamaktadır. Yani boşluk suyu tuzluluğunun değişimi sırasında kalıcı değişikliğe neden olan kimyasal reaksiyonlar oluşmamaktadır. Bu nedenle boşluk suyu tuzluluğu değişiminin sıkışma davranışına etkisi, tuzluluğun fiziksel özelliklere etkisiyle izah edilebilmektedir [23].

Yüksek molaritede çözeltiye maruz kalmış numunelerin e-logp grafikleri daha düşük tuz içeriğindeki numunelere göre daha aşağıda konumlanmaktadır. Tuz etkisi olsun olmasın aynı başlangıç boşluk oranında hazırlanmış numunelerden yüksek likit limite sahip zeminin düşük likit limite sahip olana kıyasla e-logp grafikleri daha yukarıda konumlanmaktadır [19,23,32].

Tüm killerde boşluk suyu tuzluluğu arttıkça çift difüze katman teorisine uygun olarak sıkışma indisi ( $C_c$ ) ve şişme indisinin ( $C_s$ ) azaldığını gözlemlemiştir. Azalma etkisi düşük molaritelerde daha belirgin yüksek molaritelerde ihmal edilebilecek düzeylere düşmektedir. Hacim değişim davranışı mineral kompozisyonu değişiminden (özellikle smektit oranından) kuvvetle etkilenmektedir. Sıkışma ( $C_c$ ) ve şişme ( $C_s$ ) indisi üzerindeki etkinin aksel gerilmenin artmasıyla azalmaktadır [6,31,32].

Boşluk suyu tuzluluğu arttıkça permeabilite ( $k$ ) ve konsolidasyon katsayısı ( $C_v$ ) artmaktadır. Boşluk suyu tuzluluğu etkisi, mineraloji, gerilme durumu ve tuz yoğunluğuna bağlı olarak; yüksek smektit içeren killerde konsolidasyon katsayısının ( $C_v$ ) üzerindeki kimyasal etkinin daha iyi gözlenebilmektedir. Bu iki parametre konsolidasyon sırasında zeminin sızma özellikleriyle değer almaktadır. Bu nedenle doku içi boşluklar bu iki parametrenin aldığı değer üzerinde etkindir. Yine de permeabilite ( $k$ ) ve konsolidasyon katsayısı ( $C_v$ ) değişimi üzerinde DDL değişimi etkisi önemli düzeydedir. Diğer yandan tuz etkisiyle artan sızma ile konsolidasyon tamamlanma süresi kısalmaktadır. Böylece birincil konsolidasyon bitiş süresi ( $t_p$ ) de kısalmaktadır [6,31,32].

Killer, yapının etkisiyle aşırı konsolide davranışı gösterir. Bunun nedeni kil yapısında meydana gelen tiksotropik yaşlanmadır. Zemin yapısı dış yüke direnmekte ve ikincil sıkışmayı engellemektedir. Zemin yapısı göçmek üzereyken, konsolidasyon gerilmesi yapı tahribat eşiği gerilmesi değerine ( $p'$ ) ulaşır. Killin yapısı tamamen deforme olmadan önce  $C_a$  artarak bir pik  $C_{a\max}$  değerine  $p'$  civarlarında ulaşmaktadır. Yapı deforme olduktan sonra  $C_a$  azalarak bir denge değerine ulaşmaktadır. Ulaşılan değer yükten bağımsızdır.  $C_{a\max}$  değeri LL ile pozitif doğru orantılıdır.  $C_a$ 'nın ulaştığı pik değer, kil zeminin tutulabildiği maksimum tutuk su miktarı ile orantılıdır. Bu nedenle zeminin kompozisyonunun ikincil sıkışmaya büyük etkisi vardır ve uzun temel dönem deformasyonunda etkilidir. İkincil sıkışma evresinde artık sıkışma numunenin sızma özelliklerinden bağımsız olarak gerçekleşmektedir. Bu nedenle ikincil sıkışma sürecinde gözlemlenen sıkışma konsolidasyon sürecinden daha az sızma özelliklerine, daha çok DDL kalınlığı değişimine bağlıdır. Haliyle boşluk suyu tuzluluğu arttıkça çift difüze katman teorisine uygun olarak ikincil sıkışma katsayısı ( $C_a$ ) azalmaktadır.  $C_a - \log p$  grafiklerinde de aşağı yönde baskılanmaya yol açmaktadır [10,33–35].

Boşluk suyu konsantrasyonlarındaki tuz yoğunluğu artışı sıkışabilirlikte azalmaya yol açmakta ve smektit içeriğinin artışıyla bu etki artış göstermektedir. Özellikle, yüksek konsantrasyonda tuz çözeltileri smektit grubu killer ile kaolinin sıkışabilirliğinin oldukça benzer hale gelmektedir. Yüksek molaritelerde tuz çözeltisine maruz kalan kilerde oldukça kısalan DDL kalınlığı kil dokusunu tahrip ettiğinden killer nonplastik davranışa yaklaşmakta ve sıkışabilirlikler benzer hale gelmektedir. Gerilme seviyesine bağlılık ile boşluk suyu yapısı, hacim değişimi indisi ve katsayısına etkisi nitel olarak mineral kompozisyonu etkisiyle yakındır. Smektit grubu mineral miktarı davranışta belirleyicidir [36]. Boşluk tuzluluğunun killerde hidromekanik davranışa etkisi şişen killer için: (i) tuz konsantrasyonu ve iyon tipinin zemin hacmi değişimine tersinir ve tersinir olmayan etkisi temelde ozmotik konsolidasyon ve ozmotik basınç ile şekillenmektedir, (ii) düşey gerilmenin artışının kimyasal değişimle gerçekleşen hacim değişimini azaltmaktadır ve (iii) tuz konsantrasyonu artışıyla sıkışabilirlik ve şişme kapasitesinin azalmaktadır [31].

Efektif düşey basıncın düşüşüyle aşırı konsolidasyona ilaveten, yumuşak kil çökellerinin jeolojik yaşlanması ve mevcut efektif düşey gerilmeden daha büyük ön konsolidasyon basıncı oluşması sırasında üç temel mekanizma söz konusudur. Mekanizmalar, sabit düşey efektif gerilemede daneler arası direncin artmasına katkıda bulunabilmektedir: (i) İkincil sıkışmayla azalan boşluk oranı nedeniyle kısa mesafe partikül etkileşimlerinde artış oluşması, (ii) Boşluk oranında azalma gerekmeksizin yapısal (structural) dirençte tiksotropik artış oluşması, levha şekilli kil danelerinin yeniden yönlendirilip kısa mesafeli kenardan yüze (E-F) bağlantıları oluşturmaları ve iyonların, iyon komplekslerinin ve adsorbe su moleküllerinin yeniden

düzenlenmesiyle daneler arası direnç artışı gözlemlenmesi ve (iii) Boşluk oranı değişimine ihtiyaç olmaksızın kation değişimi ve oksitler, karbonatlar, silikatlar ve organik moleküller gibi zemin dokusu bileşenleri tarafından oluşturulan bağları içeren kimyasal değişimler. Bu mekanizmalar hem ön konsolidasyon basıncı oluşmasına hem de kayma gerilmelerine ve sıkışmaya karşı direnç oluşmasına neden olmaktadır. Killerin sıkışma davranışında da haliyle kil minerali önemlidir. Dışarıdan yapılan gözlemlerde harici yük artışıyla zemin katmanında boyca kısılma gözlemlense de kil zemindeki hâkim mineral tipi ve zeminin bulunduğu çevresel etkilere dayalı olarak farklı yapı ve doku oluşumlarına dayalı olarak sıkışma davranışında karakteristik farklılıklar oluşmaktadır [37].

Smektit grubu kil mineralinin hâkim olduğu zeminlerde çift difüze katman kalınlığının sıkışma davranışında belirleyici olduğu belirtilmiştir. Tuz çözeltileriyle etkileşime girdiklerinde ise çift difüze katman kalınlığının kısılmasıyla tutuk halden serbest hale geçen su miktarı artmakta ve harici yük etkisi altında serbest haldeki su hızlı şekilde drene olarak sıkışma süresi azalmakta ve daha rahat sıkışabilen ve daha düşük boşluk oranına sahip bir zemin dokusu oluşmaktadır. Smektit grubu mineralin hâkim olduğu kil zeminlerde dokuda farklılıklar oluşsa da yine yük aktarma mekanizması elektriksel kuvvetlerin hâkim olduğu dokuyla gerçekleşmektedir.

Kaolin grubu minerallerin hâkim olduğu killerde de esasen çift difüze katman kalınlığının değişimi sıkışma davranışının şekillenmesinde belirleyicidir. Diğer yandan doku ve tuz etkisinin doku üzerinde neden olduğu değişiklikler de sıkışma davranışının şekillenmesinde belirleyicidir. Boşluk suyundaki tuz miktarının artışıyla hızla kısılan çift difüze katman kalınlığı ile dokudaki (molariteye bağlı olarak yüz-kenar veya yüz-yüz tipi) folikülasyon artmakta ve oluşan dokuya bağlı olarak sıkışma davranışı şekillenmektedir. Kenar – yüz tipi folikülasyonun baskın olduğu dokuda su tutma kapasitesinde ve yük etkisiyle sıkışma miktarında artış gözlenirken yüz-yüz tipi folikülasyonun baskın olduğu dokuda sıkışma miktarı azalmakta ve su tutma kapasitesi düşmektedir. Tuz etkisiyle dokudaki yük aktarma fiziko-kimyasal kuvvetlerin (kohezif kuvvetler) etkisinden mekanik ve fiziko-kimyasal etkinin beraber etkin olduğu karışık doku yapısına hızlı geçiş sağlamaktadır.

## 5. SONUÇLAR

İncelenen çalışmalar genel hatlarıyla göz önüne alındığında killerin mekanik davranışında kil zemindeki hâkim kil minerali, boşluk suyunun kimyasal yapısı ve kilin mekanik etkiye maruz kaldığı sıradaki yapı ve dokusu oldukça önem arz etmektedir. Kilin yük altındayken boşluk suyunun kimyasal birleşimindeki değişim dahi başlangıç ve bitiş davranışında farklılıklara yol açabilecektir. Temel zemin mekaniği deneylerinde tahribatsız (UD – undisturb) dokunun ve davranışta neden olabileceği farklılıklar kısmen göz önüne alınmıştır. Diğer yandan zemin mekaniği deneylerinde numunelerle saf su kullanılmaktadır. Bu şartlarda kilin mekanik davranışının tahmininde kullanılan hem tanımlama hem de mühendislik parametrelerinde hata oluşma ihtimali oldukça yüksek olacaktır. Güncel olarak kullanılan zemin mekaniği deneylerinin doğal boşluk suyu içeriğini göz önüne alan revizyon çalışmaları daha verimli deneysel çalışmalarla daha isabetli parametre tahminleri sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Mitchell JK, Soga K. Fundamentals of soil Behavior. John Wiley& Sons, Hoboken, New Jersey, USA. 2005;
2. Sridharan A. Engineering behaviour of fine grained soils—a fundamental approach. Indian Geotechnical Journal. 1991;21:1–136.
3. Man A, Graham J. Pore fluid chemistry, stress-strain behaviour, and yielding in reconstituted highly plastic clay. Eng Geol [Internet]. 2010;116:296–310. Available from: internal-pdf://183.103.134.107/Pore-fluid-chemistry-stress-strain-behaviour-a.pdf
4. Gratchev I, Towhata I. Stress–strain characteristics of two natural soils subjected to long-term acidic contamination. Soils and Foundations [Internet]. 2013;53:469–76. Available from: internal-pdf://64.89.60.125/Stress–strain characteristics of two natural s.pdf
5. Sridharan A, Prakash K. Influence of clay mineralogy and pore-medium chemistry on clay sediment formation. Canadian Geotechnical Journal. 1999;36:961–6.
6. Di Maio C. Influence of Pore Fluid Composition on Volume Change Behaviour of Clays Exposed to the Same Fluid as the Pore Fluid. In: Loret B, Huyghe JM, editors. Chemo-Mechanical Couplings in Porous Media Geomechanics and Biomechanics [Internet]. Vienna: Springer Vienna; 2004. p. 1–17. Available from: [https://doi.org/10.1007/978-3-7091-2778-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-7091-2778-0_1)

7. Pontolillo DM, De Rosa J, Scaringi G, Di Maio C. Clay Creep and Displacements: Influence of Pore Fluid Composition. *Procedia Eng.* 2016. p. 69–74.
8. Jang J, Cao SC, Stern LA, Jung J, Waite WF. Impact of Pore Fluid Chemistry on Fine- Grained Sediment Fabric and Compressibility. *J Geophys Res Solid Earth.* 2018;123:5495–514.
9. Prakash K, Sridharan A. Determination of liquid limit from equilibrium sediment volume. *Geotechnique* [Internet]. 2002;52:693–6. Available from: [internal-pdf://159.36.159.28/Determination of liquid limit from equilibrium.pdf](#)
10. Jiang N, Wang C, Wu Q, Li S. Influence of structure and liquid limit on the secondary compressibility of soft soils. *J Mar Sci Eng.* 2020;8:627.
11. Schmitz RM, Schroeder C, Charlier R. Chemo–mechanical interactions in clay: a correlation between clay mineralogy and Atterberg limits. *Appl Clay Sci* [Internet]. 2004;26:351–8. Available from: [internal-pdf://189.24.94.64/Schmitz-2004-Chemo–mechanical interactions in.pdf](#) [internal-pdf://4004932370/Schmitz-2004-Chemo–mechanical interactions in1.pdf](#)
12. Jang J, Carlos Santamarina J. Fines Classification Based on Sensitivity to Pore-Fluid Chemistry. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* [Internet]. 2016;142:6015018. Available from: [internal-pdf://120.246.130.252/Fines Classification Based on Sensitivity to P.pdf](#)
13. Ghosh P. Chemical Engineering - Interfacial Engineering [Internet]. Intermolecular and Surface Forces. Indian Institutes of Technology-Department of Chemical Engineering : NPTEL ; 2012 [cited 2018 Oct 12]. Available from: <http://nptel.ac.in/courses/103103033/>
14. Holtz RD, Kovacs WD, Sheahan TC. An introduction to geotechnical engineering. 2nd ed. Prentice-Hall Englewood Cliffs; 1981.
15. Koper GJM. An Introduction to Interfacial Engineering. VSSD Delft; 2007.
16. Holtz RD, Kovacs WD, Sheahan TC. An introduction to geotechnical engineering. 2011;
17. Di Maio C. Exposure of bentonite to salt solution: Osmotic and mechanical effects. *Geotechnique.* 1996;46:695–707.
18. Horan AJ. The Mechanical Behavior Of Normally Consolidated Soils As A Function Of Pore Fluid Salinity [Internet]. *Civil and Environmental Engineering.* 2015. Available from: [internal-pdf://66.165.152.48/The mechanical behavior of normally consolidat.pdf](#)
19. Horpibulsuk S, Yangsukkaseam N, Chinkulkijniwat A, Du YJ. Compressibility and permeability of Bangkok clay compared with kaolinite and bentonite. *Appl Clay Sci.* 2011;52:150–9.
20. Naeini M. A., Jahanfar S. A. Effect of Salt Solution and Plasticity Index on undrain Shear Strength of Clays. *International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering* [Internet]. 2011;5:92–6. Available from: [internal-pdf://67.227.106.255/Effect of Salt Solution and Plasticity Index o.pdf](#)
21. Sridharan A. Engineering behaviour of fine grained soils—a fundamental approach. *Indian Geotechnical Journal: Thirteenth IGS Annual Lecture delivered on the occasion of its 32nd Annual General Session* [Internet]. 1991 [cited 2023 Mar 7];447–540. Available from: <http://www.iitg.ac.in/amurali/IGJ/IGS%20Annual%20Lectures/1990%20Prof.%20A.%20Sridharan%20-%20IGS%20Annual%20Lecture.PDF>
22. Calvello M, Lasco M, Vassallo R, Di Maio C. Compressibility and residual shear strength of smectitic clays: influence of pore aqueous solutions and organic solvents. *Italian Geotechnical Journal* [Internet]. 2005 [cited 2023 Mar 7];1:34–46. Available from: [https://associazionegeotecnica.it/wp-content/uploads/2010/03/RIG\\_2005\\_1\\_034.pdf](https://associazionegeotecnica.it/wp-content/uploads/2010/03/RIG_2005_1_034.pdf)
23. Song MM, Zeng LL, Hong ZS. Pore fluid salinity effects on physicochemical-compressive behaviour of reconstituted marine clays. *Appl Clay Sci.* 2017;146:270–7.
24. Dor M, Levi-Kalisman Y, Day-Stirrat R, Mishael Y, Emmanuel S. Assembly of Clay Mineral Platelets, Tactoids, and Aggregates: Effect of Mineral Structure and Solution Salinity. *J Colloid Interface Sci.* 2020;566.
25. Calvello M, Lasco M, Vassallo R, di Maio C. Compressibility and residual shear strength of smectitic clays: influence of pore aqueous solutions and organic solvents. 2005; Available from: [internal-pdf://248.141.175.146/Compressibility and residual shear strength of.pdf](#)
26. Rao SM, Sridharan A, Chandrakaran S. Influence of Drying on the Liquid Limit Behavior of a Marine Clay. *Geotechnique.* 1989;39:715–9.
27. Varank G, Demir A, GÜVENÇ SY, ÖZÇOBAN MŞ. Effect of inorganic salt solutions on consistency limits of kaolinite. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.* 2018;20:110–20.
28. Arasan S, Yetimoğlu T. Effect of Inorganic Salt Solutions on the Consistency Limits of Two Clays. *Turkish J Eng Env Sci* [Internet]. 2008;32 (2008):107 – 115. Available from: [internal-pdf://248.105.97.247/Effect of Inorganic Salt Solutions on the Cons.pdf](#)

29. Scaringi G. Influence Of Pore Fluid Composition On Clay Behaviour And Chemo-Mechanical Study Of A Clayey Landslide [Internet]. *Rischio Sismico, Ingegneria Strutturale e Geotecnica*. 2015. Available from: [internal-pdf://245.78.127.58/INFLUENCE OF PORE FLUID COMPOSITIONIN FLUENCE.pdf](internal-pdf://245.78.127.58/INFLUENCE%20OF%20PORE%20FLUID%20COMPOSITIONIN%20FLUENCE.pdf)
30. Park J, Vipulanandan C, Kim JW, Oh MH. Effects of surfactants and electrolyte solutions on the properties of soil. *Environmental Geology*. 2006;49:977–89.
31. Nguyen XP, Cui YJ, Tang AM, Deng YF, Li XL, Wouters L. Effects of pore water chemical composition on the hydro-mechanical behavior of natural stiff clays. *Eng Geol*. 2013;166:52–64.
32. Dutta J, Mishra AK. Consolidation behaviour of bentonites in the presence of salt solutions. *Appl Clay Sci*. 2016;120:61–9.
33. Wu Z, Deng Y, Cui Y, Zhou A, Feng Q, Xue H. Experimental Study on Creep Behavior in Oedometer Tests of Reconstituted Soft Clays. *International Journal of Geomechanics*. 2019;19.
34. Deng YF, Cui YJ, Tang AM, Li XL, Sillen X. An experimental study on the secondary deformation of Boom clay. *Appl Clay Sci*. 2012;59–60:19–25.
35. Miao L, Kavazanjian E. Secondary compression features of Jiangsu soft marine clay. *Marine Georesources and Geotechnology* [Internet]. 2007;25:129–44. Available from: <https://doi.org/10.1080/10641190701380258>
36. Di Maio C, Santoli L, Schiavone P. Volume change behaviour of clays: The influence of mineral composition, pore fluid composition and stress state. *Mechanics of Materials*. 2004;36:435–51.
37. Mesri G, Castro A.  $C\alpha/Cc$  concept and  $K_0$  during secondary compression. *Journal of Geotechnical Engineering*. 1987;113:230–47.

## Süreyyabey Barajı Dolusavak Kazı Şevlerinde Yaşanan Zemin Hareketlerinin Analizi

**Davut YILMAZ**

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
Ankara/Türkiye. ORCID: 0000-0002-9981-7875

Sorumlu Yazar: yilmazdavut1967@gmail.com

Geliş tarihi:22.03.2023

Kabul tarihi:28.08.2023

### Özet

Çekerek Çayı üzerinde inşa edilen Süreyyabey Barajının dolusavak kazılarında heyelanlar oluşmuştur. Bu heyelanlar üzerine kazı şevlerinin stabilitesinin nasıl sağlanması gerektiği hususunda çalışmalar yapılmış ve alternatifler üretilmiştir. Alternatiflerden birincisi kazı şevlerinin yatırırlarak ve dolusavak yan duvarlarının stabiliteye sağlayacağı katkılardan faydalanılarak şev stabilitesini artırmaktır. Diğer alternatif ise kazı şevlerinin hem ilk hale göre bir miktar daha yatırılmasını ve hem de öngerilmeli ankrajlarla desteklenmesini içermektedir. İki alternatif arasında yapılan maliyet mukayeseleri ve öngerilmeli ankrajların zamana bağlı performanslarının değerlendirilmesi neticesinde kazı şev stabilitesinin kazıların yatırılarak ve dolusavak yan duvarları arka dolgularıyla desteklenerek sağlanması hususunda karar alınmıştır. Kazılar tamamlandıktan bir süre sonra dolusavak boşaltım kanalının derivasyon tüneli çıkışına yakın bölgesinde zemin hareketleri gözlemlenmiştir. Kazıların öngerilmeli ankrajla desteklenmesi gerektiğini savunanlar bu hareketlerin yeni bir heyelan olduğunu savunmuşlardır. Yapılan çalışmalar söz konusu hareketin bir heyelan olmadığını, derivasyon tüneli açımı sırasında yaşanan zemin boşalmaları sonucu oluşan boşluğun çökmesi neticesinde meydana geldiğini ortaya koymuştur. Bu bildiriye kazıdan sonra oluşan zemin hareketlerinin neden bir heyelan olmadığı alınan hassas topografik haritalardan çıkarılan enkesitler üzerinden gösterilecektir. Bunun yanında söz konusu zemin hareketlerinden sonra stabilitenin sağlanması için alınan tedbirler açıklanacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Süreyyabey Barajı, Heyelan, Şev Stabilitesi, Şev Hareketleri

### Analysis of Ground Movements in Süreyyabey Dam Spillway Excavation Slopes

#### Abstract

Landslides occurred in the excavations of the Süreyyabey Dam, which was built on the Çekerek Stream. Studies were carried out on how to ensure the stability of the excavation slopes. It was decided to increase the stability of the excavations by flattening the slopes by performing extra excavations instead of supporting them with prestressed anchors. Sometime after the excavations were completed, ground movements were observed in the area of the spillway discharge channel close to the exit of the diversion tunnel. Those who defended that the excavations should be supported with prestressed anchors have argued that these movements were indicating a new landslide. Studies have shown that the said movement is not a landslide, but occurred as a result of the collapse of the cavity formed as a result of over-excavations experienced during the diversion tunnel opening. In this paper, why the ground movements after the excavation are not a landslide is shown through the cross-sections taken from the sensitive topographic maps. In addition, the measures taken to ensure stability after the mentioned ground movements are explained.

**Keywords:** Süreyyabey Dam, Landslide, Slope Stability, Slope Movements

#### 1. GİRİŞ

Süreyyabey Barajı Çekerek Irmağı üzerinde sulama ve enerji amaçlı inşa edilmiş bir barajdır. Barajdan yaklaşık 60.000 hektar alanın sulanması hedeflenirken 51 GWh da enerji üretilmesi beklenmektedir. Baraj kil çekirdekli kaya dolgu tipinde olup temelden yüksekliği 103 metredir. Barajın derivasyon tünelinin yapımının tamamlanmasıyla birlikte gövde inşaatına ve dolusavak kazılarına başlanmıştır.

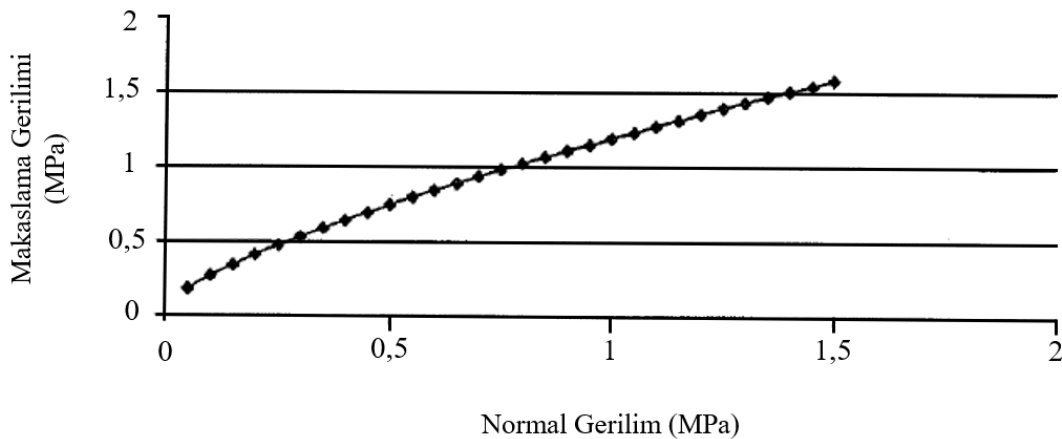
50 Metre yüksekliğe ulaşan kazı şevlerinde heyelan hareketleri başlamıştır. Şevlerde heyelanlar oluşmuştur. İşin yüklenicisi ODTÜ'den danışmanlık hizmeti olarak şevlerin önerilmeli ankrajlarla desteklenmesi gerektiği konusunda öneriler getirmiştir [1]. Bahse konu bu çalışmada, Hoek and Brown [3], Hoek ve diğerleri [4] tarafından geliştirilen yöntemin öngördüğü biçimde; kaya kütlelerini temsil eden çatlaksız kaya numunelerinin tek eksenli basınç dayanımı ( $\sigma_c$ ), Hoek-Brown kriterinde bozulmamış kayanın sabiti ( $m_i$ ) değeri ve Jeolojik Dayanım İndeksi (Geological Strength Index-GSI) dört çeşit kaya sınıfı için belirlenmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Kaya Kütleleri Özelliği

Kaya Kütleleri Özelliği	$\sigma_c$ (MPa)	$m_i$	GSI
(I) Blokluk, kıvrımlı, pürüzsüz süreksizlik yüzeyleri, az bozunmuş, orta dayanımlı kaya.	25	10	35*
(II) Foliasyonlu, laminalı, yoğun ezilme zonları içeren, orta-ileri derece bozunmuş, parlak yüzeyli, çok parçalı, yoğun mikro kıvrımlı, zayıf kaya.	5	8	25
(III) Foliasyonlu, laminalı, mikro kıvrımlı, yoğun ezilme zonları içeren, kaygan ya da ileri derece bozunmuş süreksizlik yüzeyleri içeren, köşeli kırıntı dolgulu, çok zayıf kaya.	5	10	15
(IV) Foliasyonlu, laminalı, yoğun ezilme zonları içeren, kaygan yüzeyli, ileri derece bozunmuş süreksizlik yüzeyleri, yumuşak kil sıvamaalı ya da dolgulu, çok zayıf kaya.	5	5	15

\*Dolusavak sondajlarında bu tip malzemeler kesilmemiştir.

Belirlenen bu parametrelere göre de bu kaya tiplerinin kayma mukavemetleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Orta dayanımlı fillit için normal gerilmeye bağlı kayma mukavemeti Şekil 1'de gösterilmiştir. Kaya kütlelerinin kayma mukavemeti dikkate alınarak şev stabilite analizleri SLOPE W programı kullanılarak çalışılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde de depremler ve depremsiz durumda gerekli güvenlik katsayısına ulaşmak için kazı şevlerinin 1 Düşey 1,5 Yatay olması ve her 10m yükseklikte 4 m'lik bir palye yapılması gerektiği ve 40m uzunluğunda 70 tonluk önerilmeli ankrajların 2m arayla kullanılmasının zaruri olduğu sonucuna varılmıştır.



**Şekil 1.** Orta dayanımlı (I) fillitler için ( $\sigma$ - $\tau$ ) ilişkisi [1]

Barajlar ve HES Dairesi teknik elemanları da şevleri yatırarak ve dolusavak yan duvarlarını şevleri destekleyici istinat duvarları gibi çalıştırarak stabilitenin daha ekonomik sağlanabileceğini savunmuştur [2]. Sonuçta daha ekonomik olan çözüm benimsenerek dolusavak şevlerinin yatırılması kararı alınmıştır.

Söz konusu kazılar tamamlanmak üzereyken dolusavak deşarj kanalının sağ tarafında derivasyon tüneli çıkış ağzının bulunduğu yere yakın bölgede şev hareketleri meydana gelmiştir. İşin yüklenicisi bu hareketleri heyelan olarak tanımlarken, yapılan çalışmalar derivasyon tünelinin açımı esnasında aşırı kazı ve göçmeler nedeniyle tünelin solunda meydana gelen boşluğun kemerlenmesinin kaybolması nedeniyle bir çökme olduğunu ortaya koymuştur. Bu makalede bu çalışmalara değinilecektir.

## 2. DOLUSAVAK KAZILARININ JEOLJİSİ

Baraj yerinde temeli oluşturan kireçtaşı bloklulu melanjın matriksini açık gri, bej yer yer değişik renkli fillitler, metakumtaşları ve silt taşları oluşturmaktadır. Dolusavak kazılarında görülen siyah fillitler heterojen özelliğe sahip olup orta kaya davranışlarını göstermektedir. Derivasyon tüneli çıkışındaki kazı şevlerinde yaşanan şev hareketlerinden de görüldüğü üzere ileride derecede bozunmuş fillitlerde bölgede bulunmaktadır. İleri derecede bozunmuş, ezilme zonları içeren, yoğun yapraklanmalı ve kıvrımlı fillitler ise aşırı sökülme sorunlarına yol açmıştır [1]. Ergun ve Doyuran'ın [1] işaret ettiği aşırı sökülme sorunları derivasyon tünelinin çıkış ağzını yakın bölgede sıkça yaşanmıştır. Konuyla ilgili resmi yazışmalarda incelendiğinde bahse konu aşırı sökülme nedeniyle derivasyon tüneli kazılarında büyük deplasman hareketleri meydana gelmiş ve kazı hacminden daha büyük miktarda malzeme derivasyon tünelinden kazılmak yoluyla uzaklaştırılmıştır. İlave çelik iksalar, gelen toprak basıncını alacak şekilde tünel eksenine dik doğrultuda iksalar arası gergi profilleri kullanılmış ve püskürtme betonu (shotcrete) kalınlığı artırılarak tüneldeki hareketlenmeler durdurulmuştur. Ancak bu işlem tamamlanmaya kadar tünel kazısına gelen malzemenin tamamı kazılarak uzaklaştırılmış ve tünel kazısı proje kesitine getirilmiştir. Neticede proje tünel geçici destekleri shotcrete+çelik iksanın arkasında bir boşluk kalmıştır. Tünel açımı tamamlandıktan sonra da tünel kaplaması yapılmıştır. DSİ uygulamalarında tünel kaplama kalınlığı tünel çapının %10'u kadardır. Tünel kaplaması ile doğal zemin arasında kontak enjeksiyonu yapılmaktadır. Buna ilaveten tünel çapının yarısı kadar uzunluğunda da konsolidasyon enjeksiyonu yapılmaktadır. Anlaşılan odur ki enjeksiyonlar tünel kaplaması ile shotcrete arkasında dolusavak kazılarına doğru doğal zeminde kalan aşırı sökülmeyle bağlı oluşan boşluğu doldurmada başarılı olamamıştır.

## 3. DOLUSAVAK KAZILARI DEVAM EDERKEN MEYDANA GELEN ZEMİN HAREKETLERİ

Esasen boşaltım kanalı ile dolusavak eşik yapısı arasında yer alan siyah renkli fillitler kazılırken patlayıcı madde kullanılması gerektiği halde söz konusu zemin hava ve su ile temas ettikçe hızla bozunmakta ve çamurlaşmaktaydı. Dolusavak zemini enerji kırıcı havuza yaklaştıkça daha zayıf zeminlerden oluşmaktaydı.

Şev stabilitesini artırmak maksadıyla yapılan kazılar esnasında derivasyon tüneli çıkışına yakın bölgeye gelindiğinde büyük bir zemin hareketi oluştu (Şekil 3). Hareketin gözlemlendiği bölgenin en mansabında görülen ezilme zonu Şekil 2'den net olarak görülmektedir.





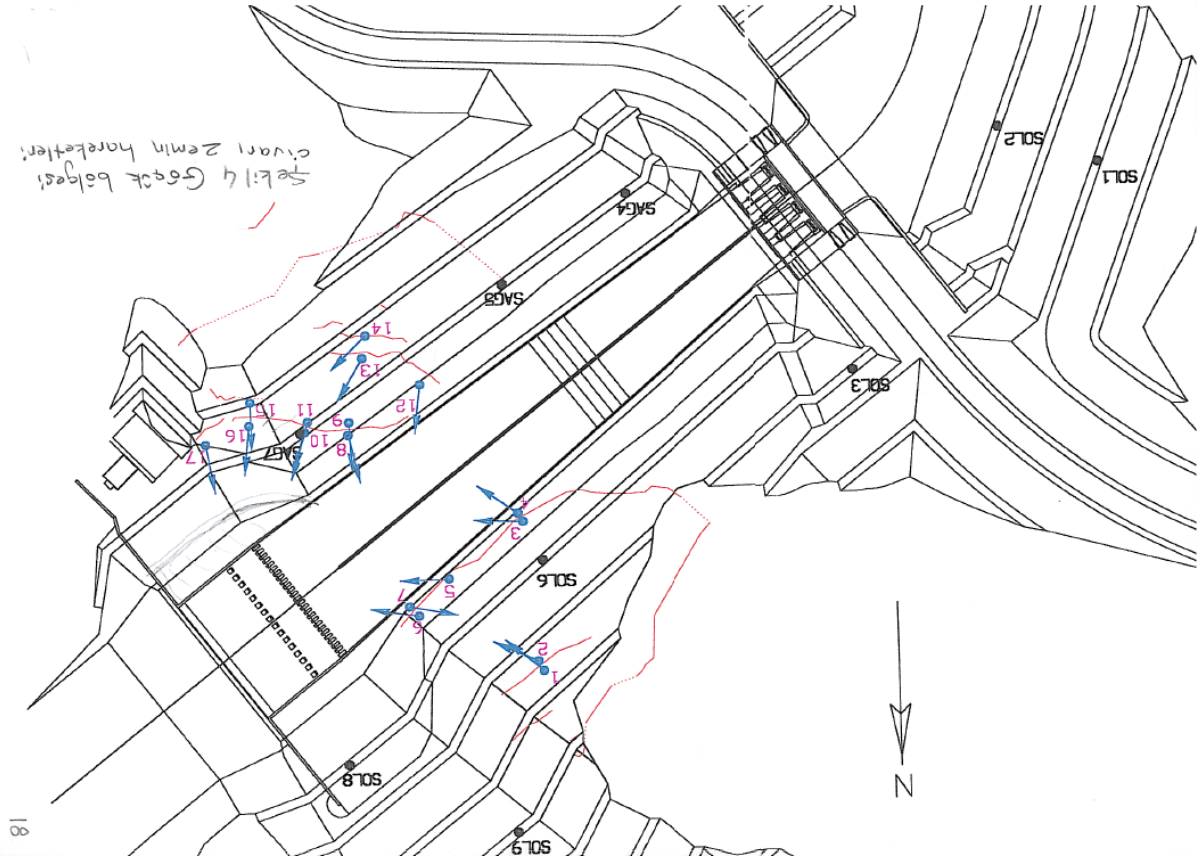
**Şekil 2.** Derivasyon tünelinin çıkış ağzına yakın bölgede meydana gelen zemin hareketi



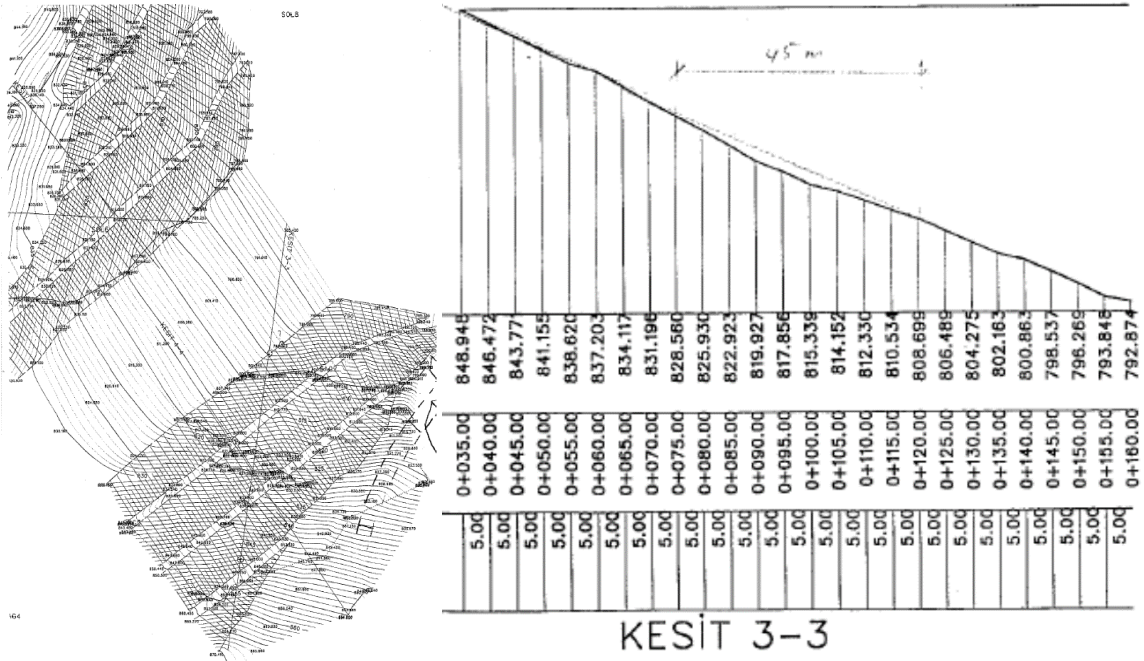
**Şekil 3.** Dolusavak kazı şevlerinin derivasyon tüneli çıkışına yakın bölgedeki hareketleri ve yakın planda ezilme zonu

Şev yatırmayla birlikte yapılan kazılar hem derivasyon tüneli esnasında meydana gelen boşluğun üzerindeki kalınlığı azaltması nedeniyle hem de fil ayağı gibi boşluğa yanal basınç yani pasif direnç sağlayan zemini uzaklaştırması sebebiyle kemerleşme kaybolmuş ve bölgede büyük zemin hareketi oluşmuştur (Şekil 4). Bunun en büyük delili hareketlenme sonucu bölgeden alınan hassas haritalar üzerinden çıkarılan en kesitler aşağıya doğru bir oturmayı yani çökmeyi gösteriyor olmasıydı (Şekil 5). Bir başka deyişle, klasik bir heyelanın topuğunda oluşan birikme bölgesi burada gözlemlenmemiştir.





Şekil 4. Dolusavak kazı şevlerinde gözlemlenen zemin hareketlerinin yerleri ve doğrultuları



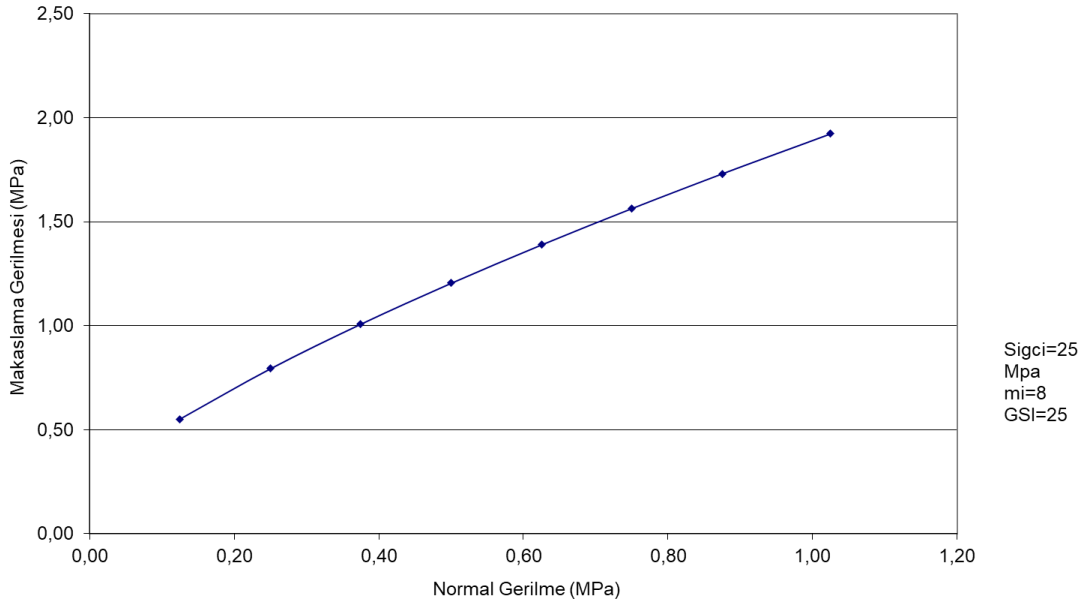
**Şekil 5.** Dolusavak boşaltım kanalı sağ yamacında hareketin olduğu bölgeden alınan 3 nolu en kesitin yeri ve doğrultusu solda en kesit ise sağda gösterilmektedir

#### 4. GELİŞMELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İlk zemin hareketleri ortaya çıktığında şevlerin yatırılması değil önerilmeli ankrajlarla desteklenmesi fikri Hoek ve Brown'un geliştirdiği kaya kütle dayanımı tahminleri metoduna dayanmaktadır [3,4]. Önerilen sistemin maliyeti yaklaşık 20 Milyon ABD doları olarak tahmin edilmiştir [1].

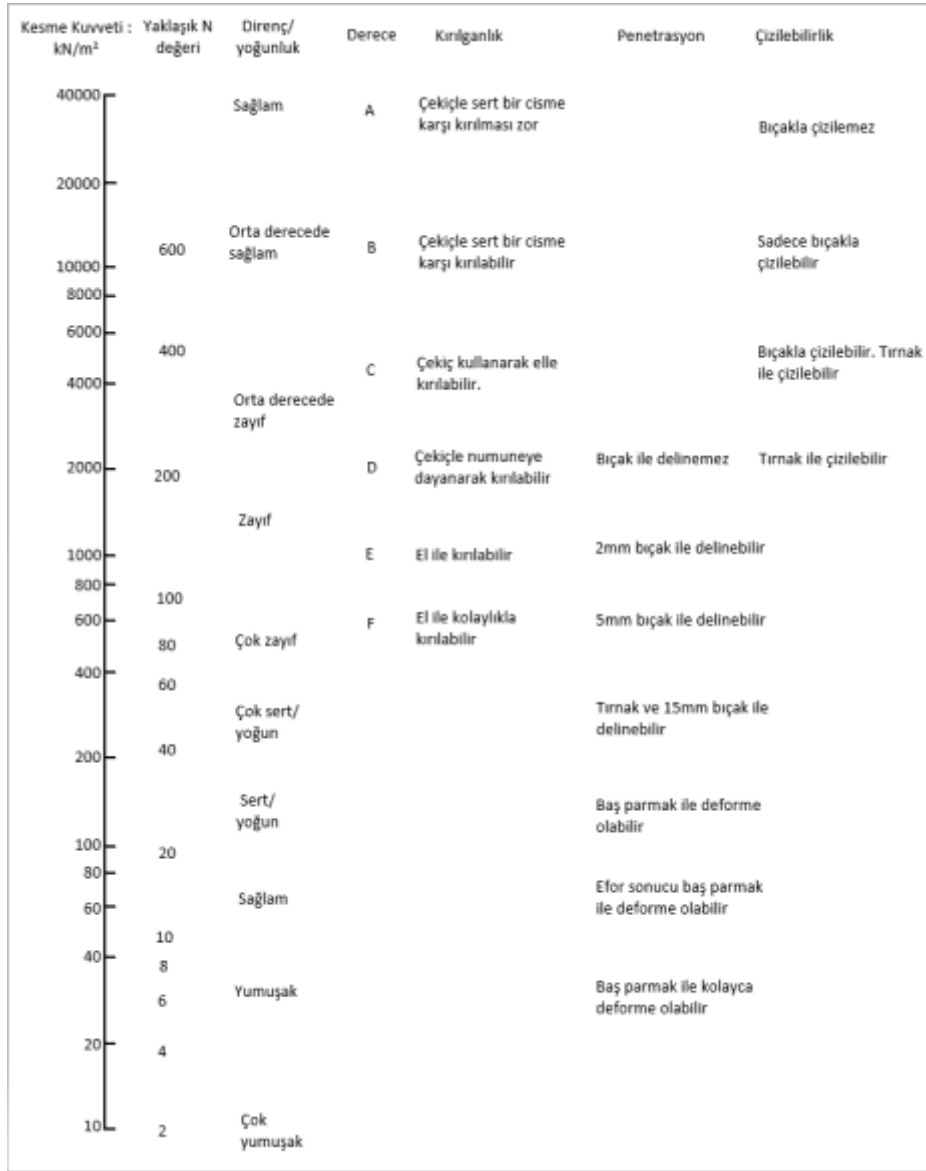
Bu öneriye karşı yapılan çalışmalarda Hoek ve Brown'un geliştirdiği metodoloji yanında geri hesapla bulunan parametreler ve zayıf kayalarda yapılan SPT testlerinin sonuçları da kullanılmıştır [2]. Geri hesaplarda kazılardan önceki en kritik kesitler seçilerek kayma parametreleri elde edilmiştir. Bu kesitler seçilirken bölgenin en eski hava fotoğraflarından da yararlanarak bölgedeki zemin yapısı en doğal haliyle gözlemlenmiştir. Dolusavak kazısı yapılmadan önceki kazı şevlerinden birkaçı geri hesaplar için seçilmiştir. Zemin profili, yüzeye yakın ayrılmış olan killi bölge ve daha sağlam zayıf kaya bölgesi olarak ikiye ayrılmıştır. Killi bölgenin içsel sürtünme açısı  $\phi=23^\circ$  ve kohezyonu 50 kPa olarak belirlenmiştir. Zayıf kaya bölgesinin içsel sürtünme açısı ve kohezyonu güvenlik katsayısını 1 yapacak şekilde geri hesapla bulunmuştur. Yapılan pek çok analiz sonunda içsel sürtünme açısı  $\phi=32^\circ$  ve kohezyonu 100 kPa olarak tespit edilmiştir.

Arazi gözlemleri ve zeminin jeolojik çekiçle kırılması dikkate alınarak Hoek ve diğerleri yardımıyla kayanın tek eksenli basınç dayanımı belirlenmiştir [5]. Brown'un tavsiyeleri göz önüne alınarak GSI indeksinin 25 veya daha büyük olacağı sonucuna varılmıştır [3]. Bu değerler kullanılarak zeminin kayma mukavemeti belirlenmiştir (Şekil 6).



**Şekil 6.** Süreyyabey Barajı dolusavak kazı şevinde karşılaşılan fillitler için ( $\sigma$ - $\tau$ ) ilişkisi [2]

Zayıf kayalarda SPT N değerlerine bağlı olarak Cole ve Stroud tarafından önerilen yaklaşım kullanılarak zeminin kayma mukavemeti tahmin edilebilmektedir (Şekil 7) [6]. Burada yapılan SPT testlerde 200 vuruşla 10, 13, 15 ve 17 cm'lik derinliklere inilebilmiştir. Geri hesapla bulunan veriler, SPT Testlerine bağlı olarak tahmin edilen kayma mukavemeti ve Hoek ve Brown'u [3] kullanılarak hesaplanan kaya kütle kayma mukavemetinden elde edilen veriler kullanılarak şevlerin ne kadar yatırılması gerektiği belirlenmiştir [2].



Şekil 7. Zayıf kayalar ve zeminler için dayanımın SPT N değerleri ile değişimi [6]

Şev yükseklikleri 10 m ve paalye genişlikleri de 4 m olarak belirlenmiştir. Kazı şevleri 1 Düşey ve 1,5 Yatay olarak belirlenmiştir. Dolusavak yan duvarlarının arkasına kayma mukavemeti yüksek kaya ufağı malzemesi konularak şevler topuklanmıştır. Sonuçta bu sistemin maliyeti 1,5 Milyon ABD doları olarak tahmin edilmiştir.

Ancak bahse konu bu şev yatırma işlemi sırasında meydana gelen çökme nedeniyle hareket etmiş zeminin kazılarak uzaklaştırılması gerekmiştir. Bu nedenle şevler tekrar yatırılmıştır (Şekil 8). Zemine gelecek yüzey suyunu uzaklaştırmak için drenaj kanalları yapılması kararlaştırılmıştır. Dolusavak duvarları yapılmaya kadar yapılacak ikinci kademe kazıların shotcrete ile desteklenmesi benimsenmiştir. Shotcrete'nin arkasında su birikmesini önlemek için de perfore borulu drenlerin yerleştirilmesine karar verilmiştir. Tüm bu şev yatırma, drenaj kanalları ve diğer ilave tedbirler nedeniyle maliyet yaklaşık ikiye katlanmış olsa da benimsenen bu çözümün maliyeti öngörülenli ankrajlı çözüm maliyetinin %20'sini aşmamıştır. Kaldı ki öngörülenli ankrajların böyle bir zeminde gevşemesi ve öngörülmesini kaybetmesi mümkündür. Barajların en önemli yapılarından birisi olan dolusavak yapısını tehlikeye atacak böyle bir çözümün yaratacağı risk ortadadır. Neticede ilk önerilen öngörülenli ankrajlı alternatifte göre çok daha ekonomik ve kalıcı olarak şev stabilite sorunu çözüme kavuşturulmuştur.



Şekil 8. Süreyyabey Barajı dolusavak kazı şevlerinin en son kazıdan sonra ve duvarların tamamlanmasına yakın hali

## 5. SONUÇLAR

Şüphesiz en iyi çözüm heyelana yol açacak şekilde bir şevin topuğunu kazmamaktır. Esasen böyle bir çözüm bu barajda vardı ancak tercih edilmedi. Dolusavak inşa edilebilecek çok uygun bir yer bulunduğu halde söz konusu yer bir kapama seddesi ile kapatılmış, dolusavak yapısının baraj gövdesinin hemen yakınında derivasyon tünelinin bitişiğinde, jeolojik olarak problemlili bir bölgede inşa edilmesine karar verilmiştir [7].

Büyük hacimli kazılar yalnızca maliyeti artırmakla kalmamış şev stabilitelere de yol açmıştır. Baraj yapılarının birbirine yakın olması nedeniyle derivasyon tüneli açımı sırasında meydana gelen aşırı kazılar dolusavak kazılarında meydana gelen hareketlere de yol açmıştır.

Mühendislik yapılarında birden çok alternatifin değerlendirilmesi maliyette büyük tasarrufları ve görece emniyetli çözümleri ortaya koyabilir. Türkiye’de hiç kullanılmamış SPT test sonuçlarından da yararlanılarak kayma mukavemetlerinin belirlenmesi, geri hesaplama elde edilen mukavemet parametrelerinin kullanılması, Hoek ve Brown metodunun çapraz kontrolünü sağlamıştır [2]. Böylece yüklenici tarafından önerilen sisteme sağlam bir alternatif üretilmiştir.

Bu vakadan çok net olarak görüleceği üzere zeminde görülen her büyük hareket bir heyelan olmayabilir. Olayların kronolojik olarak değerlendirilmesi, şantiye kayıtlarının incelenmesi, arazi gözlemleri ve çıkarılacak basit en kesitler çok muammalı bir durumda gerçeği ortaya koyabilir. Bunun yanında heyelanla ilgili olarak çok temel bilgiler kullanılarak çökme bölgesi yanında birikme bölgesinin de olması gerektiğinden hareketle birikme bölgesinin bulunmamasının yer hareketinin bir çökme olabileceğinin ispatlanabileceği gösterilmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Ergun U. ve Doyuran V. Süreyyabey Barajı Dolusavak Şevleri Stabilitesi Hakkında Rapor. Proje No: 99.03.03.03.25. ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Anabilim Dalı, 2000.
2. Yılmaz D. Süreyyabey Barajı Dolusavak Şevleri Stabilitesi Hakkında Rapor, 2000.
3. Hoek E. and Brown E. T. Practical estimates of rock mass strength: Int J. Rock Mech. Min. Sci. .34: 1165-1186, 1998.

4. E. Hoek, P. Marinos and M. Benissi. Applicability of the Geological Strength Index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses. The case of the Athens schist formations. Bull. Eng Geol Env (1998) 57: 151 ± 160. Springer-Verlag.
5. Hoek E., Kaiser P. K., Bawden W. F. Underground Excavation in Hard Rock. Balkema, 1995.
6. Cole K.W., and Stroud M. A. Rock Socketed Piles at Coventry Point, Marketway, Coventry. Proceedings of Piles in Weak Rock, 47–62. London: Institution of Civil Engineers, 1977.
7. DSİ. Süreyyabey Barajı kati ve Uygulama Projeleri, 1997.

# Prediction of Electricity Consumption in Turkey with Time Series

Zeydin PALA

Muş Alparslan University, Faculty of Engineering and Architecture,  
Department of Software Engineering, Muş/Turkey. ORCID: 0000-0002-2642-7788

Corresponding Author: z.pala@alparslan.edu.tr

---

Geliş tarihi:31.08.2023

Kabul tarihi:26.09.2023

---

## Abstract

Today, electrical energy is the cornerstone of modern life and plays a large role in many industries, activities and areas of life. It facilitates and improves many aspects of life and enables the functioning of modern society. The widespread use of electrical energy in Turkey, in a sense, is an indicator of its progress towards a modern society. In this study, annual estimations of the electrical energy consumed per capita in Turkey between 1965-2022 were made with the help of deep learning and statistics-based models and the results were evaluated with the MAPE metric. In addition, the positive and negative aspects of electricity consumption for Turkey were discussed.

**Keywords:** Electrical Energy Consumption, Time Series, Deep Learning Models, Statistical Based Models, Time-Series

## 1. INTRODUCTION

Like many other countries, electricity usage in Turkey was limited in the early 20th century, with electricity primarily used in urban areas and industries. Turkey experienced significant growth in electricity consumption as industrialization and urbanization progressed. The 1970s and 1980s marked a period of increased demand for electricity due to economic development and urban expansion.

Turkey's electricity consumption has continued to rise due to factors such as population growth, urbanization, economic development, and increased use of electronic devices [1,2]. Here's an overview of recent trends: Turkey witnessed a steady increase in electricity consumption during this decade due to rapid economic growth and industrialization. The government introduced various policies to meet the growing energy demand. Electricity consumption continued to rise, and Turkey embarked on efforts to diversify its energy sources to ensure a more sustainable energy supply. The country invested in renewable energy projects, such as wind, solar, and hydroelectric power. It has been actively promoting renewable energy sources to reduce its dependence on fossil fuels. The country has set targets for renewable energy capacity and has been conducting auctions for renewable energy projects. Efforts have been made to improve energy efficiency in various sectors, including industry, transportation, and residential buildings. Energy efficiency measures help curb the growth in electricity consumption. It has been exploring the use of smart grids and digital technologies to enhance the efficiency and reliability of its electricity distribution system. It is a net energy importer, and its electricity demand has led to energy import dependency. This has spurred discussions about the need for energy security and diversification. Its energy consumption is influenced by its geopolitical location and relationships with neighboring energy-producing countries.

It's important to note that specific consumption figures can vary from year to year and are influenced by economic fluctuations, policy changes, and technological advancements.

Time series analysis is often used to predict the future based on past data because time series refers to a data set in which data collected over a specific time period is recorded in an orderly manner. These datasets show trends, seasonal variations, and other time-related changes. Therefore, time series analysis can be used to predict when a particular event or events may occur in the future. The usage area of time series is quite wide. Some of these areas can be expressed as: price/sales forecasts [3], stock market forecast [4], economic growth forecasts [5,6] engineering [7], energy demand [8] and forecast [9], environmental science [10], sunspot prediction [11], meteorology [12], weather and climate modeling [13], transportation [14], health predictions [15-19], medical signal analysis and monitoring [20], ionospheric foF2 parameter estimation [21], radiation estimates [15], [22-25], traffic flow modeling and forecasting [26], hybrid and non-hybrid short-term forecasts [27].



In general, two different basic approaches are used for the estimation of time series in the literature: the statistical-based approach [28-30] and the machine learning-based approach [31-34]. There are also hybrid applications where these two methods are used together [35,36]. These two approaches used in time series estimation have both strengths and weaknesses [37,38]. In conclusion, time series analysis is a powerful tool for predicting a future event using historical data. Therefore, time series models are widely used in many fields.

In this study, future estimations of electrical energy consumed on a per capita basis were made using a data set containing 58-year data between 1965-2022 in Turkey. While deep learning models and statistical-based models are used for the prediction processes performed with two different approaches, on the other hand, the performances of the models are evaluated by using MAPE metrics. This study tries to contribute to the literature in this respect.

## 2. MATERIALS AND METHOD

In this study, a windows-based computer was used for time series analysis. All of the data on the electricity consumed per capita in Turkey between 1965-2022, used in this study, were obtained from the <https://ourworldindata.org/energy> website. The purpose of the site where the data is sourced is stated as “to make information about big problems accessible and understandable and to publish research and data that will make progress against the world's biggest problems”. Within the current site, it is possible to access the consumed energy data of the world countries and compare them on the basis of countries.

In this study, both deep learning-based models and statistical-based models are used together for future predictions. These models used are briefly explained:

Neural network time series forecasts (NNETAR) function in the forecast package for R trains a neural network model of a time series with delayed values of the time series as inputs and possibly some other external input. Thus, it is a nonlinear autoregressive model and it is not possible to derive prediction intervals analytically. The network is trained for one-step prediction [39].

Multilayer Perceptrons (MLP) consists of vertical stacks of neurons forming a layer and the connections between them. Networks with several layers are called multilayer perceptrons [4,5].

Extreme Learning Machine (ELM), hidden nodes are randomly initialized and then fixed without being set iteratively. In fact, the hidden nodes in the extreme learning machine need not even be the same neuron. The only free parameters to learn are the links between the hidden layer and the output layer. In this way, in the extreme learning machine, it is formulated as a linear model in the parameter that is reduced to solving a linear system [40].

ARIMA (p,d,q) is a very powerful model for estimating time series data, data preparation and parameter tuning processes are really time consuming. Here, p is the order of automatic regression, d is the degree of trend difference, and q is the moving average [41].

Exponential Smoothing (ETS) is a time series estimation method for univariate data [42].

The TBATS model is the Trigonometric Seasonal + Exponential Smoothing Method + Box-Cox Transform + ARMA model for residuals [43]. The mean absolute percentage error (MAPE) metric was used to evaluate the models.

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_i^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{|y_i|} \quad (1)$$

MAPE is frequently used in time series models to measure and evaluate the accuracy of forecasts. If there is a zero value among the actual values collected, MAPE cannot be calculated because there will be division by zero and it contains uncertainty. The error rate due to missing, incorrect or low data cannot be 100%, but there is no upper limit to the prediction rate [44]. Here,  $\hat{y}_i$  denotes estimates while  $y_i$  denotes actual values.

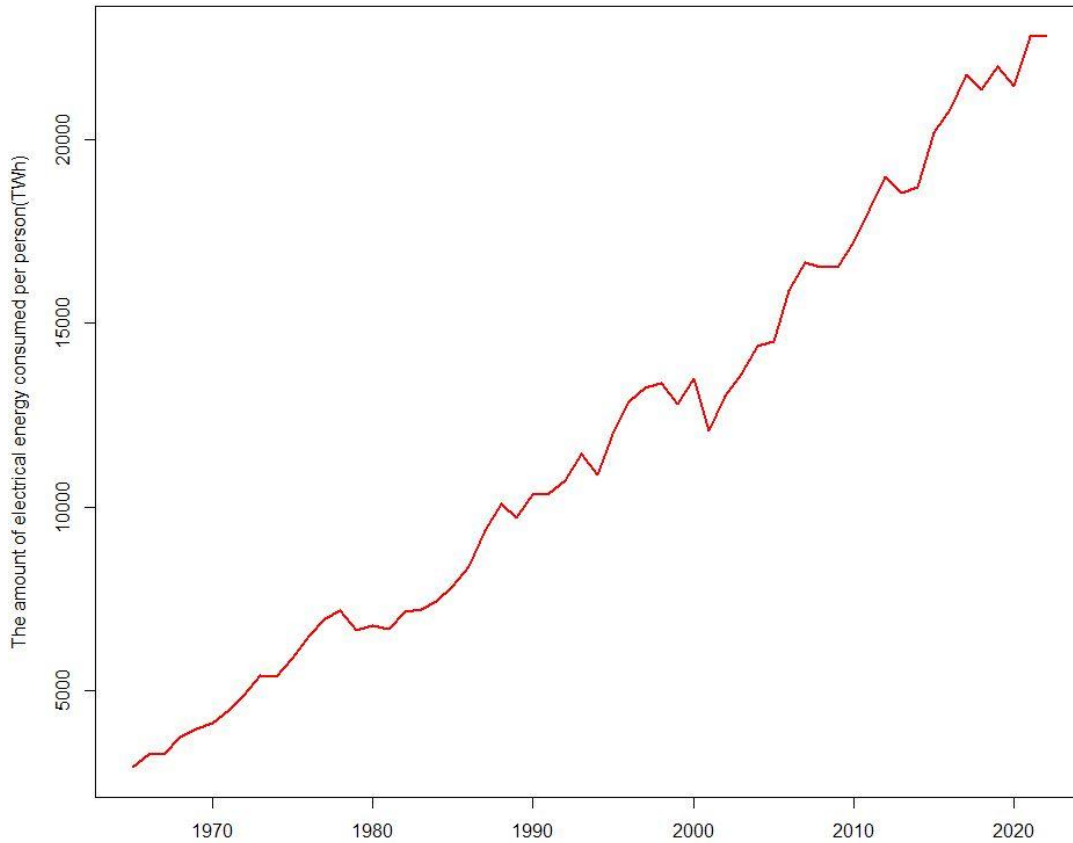
### 2.1. The Time Series Used for Electrical Energy Consumption

Since the data downloaded from Our World in Data site includes the data belonging to the countries of the world collectively, the data of the consumed electrical energy was first pre-processed and only the data belonging to Turkey were separated and then turned into a time series in the next step. The graph in Figure 1 shows the time series of electricity consumed per capita in Turkey between 1965 and 2022.

When the time series is examined, it is seen that there is a regular upward trend between 1965 and 1975, and decreases from time to time with the rise in the following periods. In the following periods, similarly, decreases are observed along with the upward trend. Especially in the 2000s, sharp decreases were experienced and these decreases were repeated in 2020 with the effect of the pandemic.

It is important to consider several factors when assessing the increase in electricity consumption per capita in Turkey. These factors may include the positive and negative aspects of the increase in energy demand, its environmental effects and the impact of energy policies. Here are some points to consider in this regard:

**Positive aspects of electricity consumption:** Per capita electricity consumption is generally associated with economic growth. This may indicate an increase in activities in the manufacturing and service sectors. Increasing electricity consumption may mean that people can use more electrical devices and technologies, and their living standards increase. Growth and developments in the industrial sector may cause an increase in energy demand. This can be a positive sign for job opportunities and economic development.



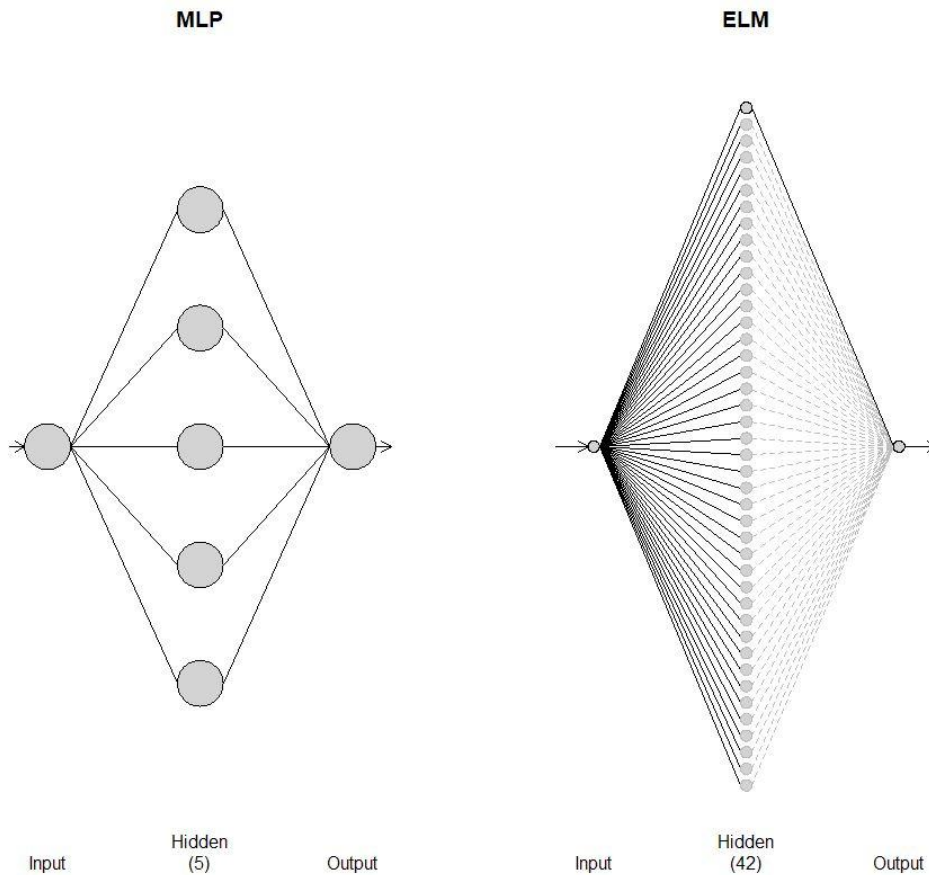
**Figure 1.** The amount of electrical energy consumed per capita in Turkey between 1965-2022

**Those negative aspects of electricity consumption:** Increased energy consumption often requires greater use of fossil fuel sources, which can increase greenhouse gas emissions and contribute to climate change. Increasing demand can strain energy supply and raise energy security concerns. It is important for the country to diversify its energy resources and use them efficiently. Increasing demand may increase the necessity for investments in energy infrastructure. This can be costly and time consuming. Turkey's energy policies can shape the increase in electricity consumption per capita. Policies such as promoting sustainable energy sources, increasing energy efficiency and increasing renewable energy production can help minimize negative impacts



### 3. RESULTS AND DISCUSSION

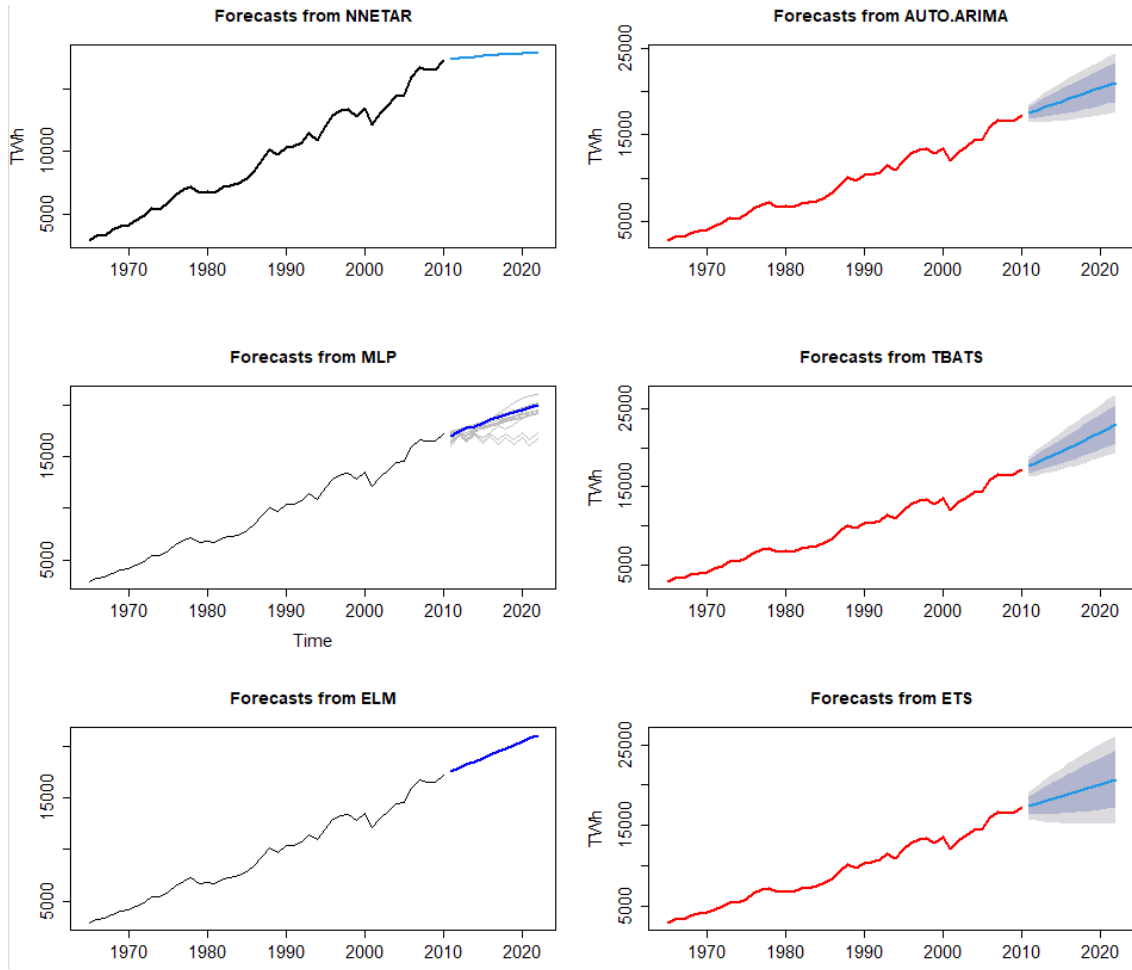
In this study, the time series given in Figure 1, including the data between 1965 and 2022, was used for forecast analysis. By dividing the time series with two different approaches, training and testing processes were trained with the help of six different models and then tested. The time series was used by dividing it into training / testing components at 79% / 21% and 75% / 25%, respectively. The MAPE values of the estimation results obtained as a result of two different approaches are given in Table 1. In Figure 2, the layer information of the MLP and ELM models and the graphs of the estimations made according to the split ratios of the dataset are given in Figure 3 and Figure 4, respectively. As seen in Figure 2, the input and output layers of the MLP model consist of one neuron, while the hidden layer consists of five neurons. Similarly, the hidden layer of the ELM model consists of 42 neurons.



**Figure 2.** Layer information of MLP and ELM models

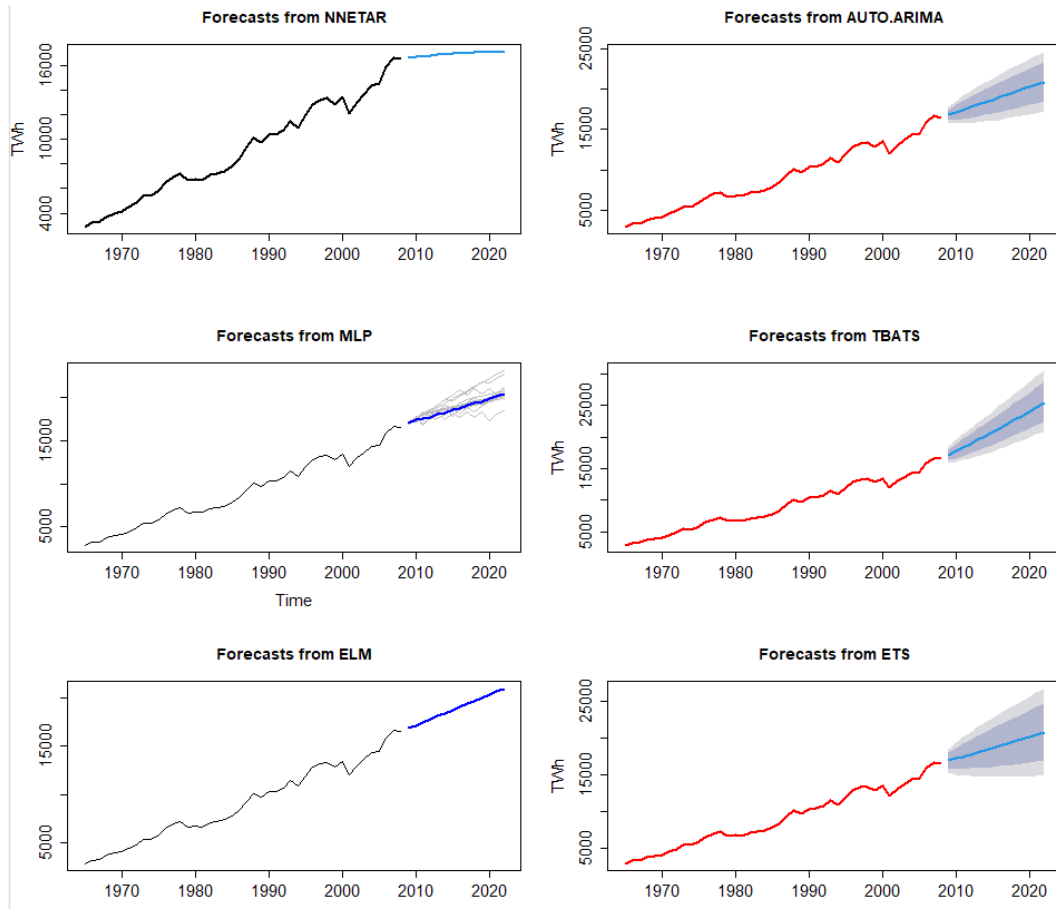
When the model graphics of the forecast results in Figure 3 and Figure 4 are examined, the first thing to see is that almost all models make an upward trending forecast.

As seen in the forecast plots, the dark shaded areas represent the predicted 80% ranges. In other words, each potential value is estimated to be in the dark shaded area with 80% probability. Light shaded areas show 95% prediction ranges. These forecast ranges are a useful way to show the variability in the forecast.



**Figure 3.** Prediction graphs made with the help of six different models when the data set is divided as 79% for training and 21% for testing

The MAPE values obtained in two different estimation analyzes made according to the training and test rates of the dataset used are given in Table 1. Since the MAPE metric expresses the error as a percentage, the small value obtained means that the error made is also small. In other words, the smaller the MAPE value, the better the accuracy of the model.



**Figure 4.** Prediction graphs made with the help of six different models when the data set is divided as 76% for training and 24% for testing

**Table 1.** MAPE values obtained from six different models because of the estimations made by dividing the data set used in two different ratios

Model	MAPE values for Training (79%) and Testing (21%)	MAPE values for Training (76%) and Testing (24%)
MLP	3.18/9.52	3.14/7.12
NNETAR	3.83/14.01	3.92/15.05
ELM	4.20/6.39	4.30/5.91
ETS	3.74/7.25	3.83/6.38
AUTO.ARIMA	3.79/6.37	3.87/5.89
TBATS	4.03/4.66	4.04/5.21

When both approaches are compared according to MAPE values in Table 1, it is seen that the results of the first approach are better than the second approach. The MAPE values of all models except the MLP model in the second approach, in other words, the error values increased. In both approaches, the best results from both deep

learning and statistical-based models in the training process were obtained with the help of MLP and EST, respectively.

The order in the test processes was ELM, MLP and NNTAR in deep learning models, respectively. The same ranking was TBATS, AUTO.ARIMA and ETS in statistical based models. In the first approach, the best test results were obtained with the TBATS model with an error of 4.66%, in other words with an accuracy of 95.34%. In the second approach, the best test results were obtained with the TBATS model, with an error of 5.21%, in other words with an accuracy value of 94.79%.

When the test predictions made by both deep learning and statistical-based models are averaged for both methods and the results are compared, it can be said that the statistical-based models are better. In general, the performance of statistical-based models is better for limited data.

The fact that the dataset used in the study is very limited, consisting of 58 observation data is considered as a limitation. This particularly affects the performance of deep learning models negatively

#### 4. CONCLUSION

In this study, future predictions were made for the amount of electricity consumed per capita (TWh) in Turkey between 1965-2022 with the help of deep learning and statistical models. Among the models used, it was seen that the TBATS model made better predictions. It has been observed that there is an increase in the electrical energy consumed per person from the past to the present. As a result, the increase in electricity consumption per capita brings both positive and negative effects. Therefore, it is important to design energy policies by considering issues such as sustainability, environmental protection and energy security.

#### REFERENCES

1. Yağmur, A., Kayakuş, M. & Terzioğlu, M. Predicting renewable energy production by machine learning methods: The case of Turkey. *Environ. Prog. Sustain. Energy* 1–10, 2023
2. Beyca, O. F., Ervural, B. C., Tatoglu, E., Ozuyar, P. G. & Zaim, S. Using machine learning tools for forecasting natural gas consumption in the province of Istanbul. *Energy Econ.* 80, 937–949, 2019.
3. Özgüner, E., Tör, O. B. & Güven, A. N. Probabilistic day-ahead system marginal price forecasting with ANN for the Turkish electricity market. *Turkish J. Electr. Eng. Comput. Sci.* 25, 4923–4935,2017.
4. Luis, A., Maia, S. & De Carvalho, F. D. A. T. Holt's exponential smoothing and neural network models for forecasting interval-valued time series. *Int. J. Forecast.* 27, 740–759, 2011.
5. Ak, R., Fink, O. & Zio, E. Two Machine Learning Approaches for Short-Term Wind Speed Time-Series Prediction. *IEEE Trans. Neural Networks Learn. Syst.* 27, 1734–1747,2016.
6. Moiseev, N. A. Forecasting time series of economic processes by model averaging across data frames of various lengths. *J. Stat. Comput. Simul.* 87, 3111–3131 (2017).
7. Seymour, L., Brockwell, P. J. & Davis, R. A. Introduction to Time Series and Forecasting. *Journal of the American Statistical Association* 92, 2016.
8. Es, H. A. Monthly natural gas demand forecasting by adjusted seasonal grey forecasting model. *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.* 43, 54–69, 2021.
9. Pala, Z. Comparative study on monthly natural gas vehicle fuel consumption and industrial consumption using multi-hybrid forecast models. *Energy* 263, 1–21, 2023.
10. Alsharif, M. H., Younes, M. K. & Kim, J. Time series ARIMA model for prediction of daily and monthly average global solar radiation: The case study of Seoul, South Korea. *Symmetry (Basel)*. 11, 1–17, 2019.
11. Pala, Z. & Atici, R. Forecasting Sunspot Time Series Using Deep Learning Methods. *Sol. Phys.* 294, 2019.
12. Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., Ljung, G. M. & Cookbook, R. *Time Series Analysis Forecasting and Control*. (Wiley, 2016).
13. Sobral, M. F. F., Duarte, G. B., da Penha Sobral, A. I. G., Marinho, M. L. M. & de Souza Melo, A. Association between climate variables and global transmission of SARS-CoV-2. *Sci. Total Environ.* 729, 138997, 2020.
14. Hyndman, R. J. & Athanasopoulos, G. *Forecasting : Principles and Practice*. (Monash University, 2018).

15. Yıldız, E. & Pala, Z. Time Series Analysis of Radiological Data of Outpatients and Inpatients in Emergency Department of Mus State Hospital. *Int. Conf. Data Sci. Mach. Learn. Stat.* - 2019 234–236, 2019.
16. Zhang, Y. et al. Emergency patient flow forecasting in the radiology department. *Health Informatics J.*, 2020. doi:10.1177/1460458220901889
17. Villani, M. et al. Time series modelling to forecast prehospital EMS demand for diabetic emergencies. *BMC Health Serv. Res.* 17, 1–9, 2017.
18. Pala, Z. & Pala, A. F. Comparison of ongoing COVID-19 pandemic confirmed cases / deaths weekly forecasts on continental basis using R statistical models. *Dicle Univ. J. Eng.* 4, 635–644, 2021.
19. Pala, Z., Atıcı, R. & Yıldız, E. Forecasting Future Monthly Patient Volume using Deep Learning and Statistical Models. *Wirel. Pers. Commun.* 130, 1479–1502, 2023.
20. Montagnon, E. et al. Deep learning workflow in radiology: a primer. *Insights into Imaging* 11, 1–15, 2020.
21. Atıcı, R. & Pala, Z. Prediction of the Ionospheric foF2 Parameter Using R Language ForecastHybrid Model Library Convenient Time. *Wirel. Pers. Commun.* 1–20, 2021.
22. Pala, Z., Ünlük, İ. H. & Yıldız, E. Forecasting of electromagnetic radiation time series: An empirical comparative approach. *Appl. Comput. Electromagn. Soc. J.* 34, 1238–1241, 2019.
23. Pala, Z. Examining EMF Time Series Using Prediction Algorithms With R. 44, 223–227, 2021.
24. Pala, Z. Using Decomposition-based Approaches to Time Series Forecasting in R Environment. *Int. Conf. Data Sci. Mach. Learn. Stat.* - 2019 1, 231–233, 2019.
25. Sorkun, M. C. Time Series Forecasting on Solar Radiation using Deep Learning. (Galatasaray University, 2018).
26. Ma, T., Antoniou, C. & Toledo, T. Hybrid machine learning algorithm and statistical time series model for network-wide traffic forecast. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 111, 352–372, 2020.
27. Pala, Z. & Ünlük, İ. H. Comparison of hybrid and non-hybrid models in short-term predictions on time series in the R development environment. *DÜMF Mühendislik Derg.* 2, 199–204, 2022.
28. Pala, Z. & Pala, A. F. Perform Time-series Predictions in the R Development Environment by Combining Statistical-based Models with a Decomposition-based Approach. *J. Muş Alparslan Univ. Fac. Eng. Archit.* 1, 1–13, 2020.
29. Ünlük, İ. H. & Pala, Z. Prediction of monthly electricity consumption used in Muş Alparslan University Complex by means of Classical and Deep Learning methods. *Int. Conf. Data Sci. Mach. Learn. Stat.* - 2019 1, 237–239, 2019.
30. Etem, T., Pala, Z. & Bozkurt, I. Electromagnetic pollution measurement in the system rooms of a university. in 2017 13th International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, MEMSTECH 2017 - Proceedings 2017.
31. Pala, Z. & Şana, M. Attackdet: Combining web data parsing and real-time analysis with machine learning. *J. Adv. Technol. Eng. Res.* 6, 37–45, 2020.
32. Pala, Z., Yamli, V. & Ünlük, İ. H. Deep Learning researches in Turkey: An academic approach. in 2017 13th International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, MEMSTECH 2017 - Proceedings 2017.
33. Pala, Z. & Özkan, O. Artificial Intelligence Helps Protect Smart Homes against Thieves. *DÜMF Mühendislik Derg.* 11, 945–952, 2020.
34. Pala, Z., Bozkurt, I. & Etem, T. Estimation of low frequency electromagnetic values using machine learning. in 2017 13th International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, MEMSTECH 2017 - Proceedings 2017.
35. Pala, Z. Using forecastHybrid Package to Ensemble Forecast Functions in the R. *Int. Conf. Data Sci. Mach. Learn. Stat.* - 2019 1, 45–47, 2019.
36. Smyl, S. A hybrid method of exponential smoothing and recurrent neural networks for time series forecasting. *Int. J. Forecast.* 36, 75–85, 2020.
37. Chimmula, V. K. R. & Zhang, L. Time series forecasting of COVID-19 transmission in Canada using LSTM networks. *Chaos, Solitons and Fractals* 135, 109864, 2020.
- [38] Shen, Z., Zhang, Y., Lu, J., Xu, J. & Xiao, G. A novel time series forecasting model with deep learning. *Neurocomputing* 396, 302–313, 2020.
39. Unluk, I. H. Ensembling Time Series Algorithms with Hybrid Models to Predict R Environment Specific Datasets. Muş Alparslan University Natural and Applied Science Department of Nuclear Energy and Energy Systems 1, (Muş Alparslan University, 2022).
40. Hassan, M. A., Salem, H., Bailek, N. & Kisi, O. Random Forest Ensemble-Based Predictions of On-Road Vehicular Emissions and Fuel Consumption in Developing Urban Areas. *Sustainability* 15, 1503, 2023.
41. Basha, S. M., Zhenning, Y., Rajput, D. S., Caytiles, R. D. & Iyengar, N. C. S. N. Comparative study on performance analysis of time series predictive models. *Int. J. Grid Distrib. Comput.* 10, 37–48, 2017.

42. Petropoulos, F. & Svetunkov, I. A simple combination of univariate models. *Int. J. Forecast.* 36, 110–115, 2020.
43. Abotaleb, M. et al. State of the art in wind speed in England using BATS , TBATS , Holt ' s Linear and ARIMA model. 1, 129–138, 2022.
44. Kim, S. & Kim, H. A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts. *Int. J. Forecast.* 32, 669–679, 2016.

## Ayçiçek Yağı Rafinasyonunda Ultrasonik Uygulamalar ile Ağartma Prosesinin İyileştirilme Potansiyelinin Belirlenmesi

*Necattin Cihat İÇYER*

Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Muş/Türkiye. ORCID:  
0000-0002-3190-9669

Sorumlu Yazar: n.icyer@alparslan.edu.tr

Geliş Tarihi:04.09.2023

Kabul tarihi:08.10.2023

### Özet

Bu çalışmanın amacı, bitkisel yağların rafinasyon adımlarından birisi olan ağartma aşamasında non-termal ultrasonik uygulamaların kazanım potansiyellerinin ayçiçek yağının ağartılmasında uygulanabilirliğinin tespitidir. Ayrıca, ayçiçek yağında 100–87,5–75°C sıcaklık, % 100–80–60 ultrasonik güç işlem koşullarında uygulanan ultrasonik ağartma işleminin klasik ağartma işlemine göre varsa üstünlüklerinin tespiti amaçlanmıştır. Çalışmada belirlenen işlem koşullarında lovibond sarılık ve kırmızılık renk giderim değerleri 10 dakika boyunca 2 dakikada bir olacak şekilde belirlenmiş ve kıyaslamalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda ayçiçek yağının kırmızılık renk değerinin düşük olmasından dolayı ağartma işleminde ultrasonik işlemin belirli bir katkısı olmadığı görülmüştür. Sarılık değerinde ise 100°C sıcaklık, % 100 ultrasonik güç uygulanması durumunda beklendiği gibi hızlı bir adsorbsiyon sağlanmış ve klasik ağartma işlemine göre zaten düşük olan işlem süresi daha da kısaltılabilmektedir. Diğer bitkisel yağlara göre düşük işlem koşulları gereken ayçiçek yağının ağartılmasında ultrasonik işlemin uygulanması endüstri tarafından maliyet analizi dikkate alınarak değerlendirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağartma, Bitkisel Yağ, Rafinasyon, Ayçiçek Yağı, Lovibond

### Determination of Improvement Potential of Bleaching Process by Ultrasonic Applications in Sunflower Oil Refining

#### Abstract

The aim of this study is to investigate the feasibility of applying non-thermal ultrasonic treatments during the bleaching stage, one of the refining steps of vegetable oils, in the bleaching of sunflower oil. Furthermore, the study aims to identify potential advantages, if any, of the ultrasonic bleaching process applied under specific ultrasonic power and temperature conditions (100–87.5–75°C temperature and % 100–80–60 ultrasonic power) compared to the conventional bleaching process. In this study, Lovibond yellowness and redness color reduction values were determined at 2-minute intervals for a duration of 10 minutes under the specified process conditions, and comparisons were made. As a result of the study, it was observed that the ultrasonic treatment did not have a significant impact on the bleaching process of sunflower oil due to the low redness color value of the oil. However, for the yellowness value, rapid adsorption was achieved as expected when % 100 ultrasonic power was applied at 100°C, and the already short processing time compared to the conventional bleaching process was further reduced. The application of the ultrasonic process for the bleaching of sunflower oil, which requires lower process conditions compared to other vegetable oils, can be evaluated by the industry, taking into consideration cost analysis.

**Keywords:** Bleaching, Vegetable Oil, Refining, Sunflower Oil, Lovibond

## 1. GİRİŞ

Yemelik yağlar günlük besin ihtiyacının ayrılmaz bir unsurudur [1]. Bu yağlar genellikle tohumlar veya meyveler kullanılarak mekanik veya kimyasal yöntemlerle ekstrakte edilmektedir [2]. Ekstraksiyon sürecinin tamamlanması ile elde edilen ham yağ tüketilebilir hale gelebilmesi için degamming, nötralizasyon, ağartma ve deodorizasyon gibi temel rafinasyon adımları uygulanmaktadır [3]. Ağartma aşamasında, yağın rengini ve buna bağlı olarak kalitesini etkileyen renk pigmentleri ve iz bileşenler, asitle aktive edilmiş ağartma toprağının

adsorpsiyon özelliği kullanılarak uzaklaştırılmaktadır [4]. Ağartma sürecinde ağartma toprağının kompakt yapısı nedeniyle bu toprağın yağdan ayrılması sırasında kendisi ile birlikte yağı sürükleyerek yağ kaybının artmasına neden olabilmektedir [5]. Bu durum, proses verimini düşüren olumsuz bir etki olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, ağartma toprağının kullanımı toprağın ayrıştırılması sırasında filtreleri tıkayarak işlem verimini, filtre ömrünü düşürebilmekte ve arta kalan yağlı ağartma toprağı çevresel sorunlara neden olabilmektedir. Bu sorunlar, yağlı ağartma toprağının bertaraf maliyetleri gibi ek zorlukları da beraberinde getirmektedir [6].

Aktif ağartma toprakları, bitkisel yağların rafinasyon süreçlerinde yaygın olarak kullanılan etkili adsorbanlardır [7]. Aktif ağartma toprakları, genellikle mineral bentonit hammaddesinden üretilmektedir ve bu hammaddenin montmorillonit yapısı tabakalar arasındaki boşlukların moleküler boyutta bileşenlerin girişine ve adsorpsiyonuna olanak sağlayacak şekilde meydana gelmektedir [8]. Bu tabakalı yapının etkinliği genellikle yüksek sıcaklıklarda mineral asitlerle aktive edilerek artırılmaktadır [9].

Yağların rafinasyonunda ağartma aşamalarında kullanılan sıcaklık seviyeleri, yağ türleri ve özelliklerine göre ayarlanmaktadır [10]. Yemelik yağların büyük bir kısmı, genellikle 100°C civarında değişen sıcaklık aralıklarında ağartma işlemine tabi tutulmaktadır [11]. Ancak, daha zor ağartılabilen kırmızılık değeri yüksek yağlar için bu sıcaklık seviyesi 120°C gibi daha yüksek değerlere çıkarılabilmektedir. Yüksek sıcaklık uygulamaları bir yandan istenmeyen renk pigmentlerinin etkili bir şekilde uzaklaştırılmasına yardımcı olabilirken, diğer yandan kokusu giderilmiş yağın rengini olumsuz etkileyebilmekte ve oksidatif kararlılığını azaltabilmektedir [12]. Buna ek olarak, yüksek sıcaklık uygulamaları biyoaktif bileşiklerin stabilitesini olumsuz etkileyebilmekte ve besinsel değeri azaltabilmektedir [13]. Bu nedenle, yağ rafinasyon süreçlerinde düşük sıcaklıkların kullanılması tercih edilmektedir. Düşük sıcaklık uygulamaları, trigliseritlerdeki kimyasal veya fiziksel değişiklik riskini azaltabilmekte ve aynı zamanda enerji tüketimini düşürerek çevresel sürdürülebilirliği artırabilme potansiyeline sahiptir [14].

Laboratuvar testleri ve endüstriyel uygulamalar, çoğu yenilebilir yağ için ağartma işleminin ortalama 30 dakika gibi bir süre içinde gerçekleştirilmesi gerektiğini göstermektedir [1]. Ancak, bu sürenin ağartma toprağı kalitesi, yağın özellikleri ve hedeflenen sonuçlara bağlı olarak değişebileceği unutulmamalıdır. Temas süresinin aşırı uzatılması ağartma toprağının asidik yapısı nedeniyle yağ kaybını ve endüstriyel üretimlerde enerji sarfiyatını da arttırabilmektedir. Bu nedenle, ağartma işlemlerinde temas süresinin mümkün olduğunca kısa tutulması önemlidir. İlave olarak, ağartma işleminden sonra filtrasyon süreçleri de hızlı bir şekilde yapılmalıdır. Çünkü ağartma toprağı ile yağ arasındaki etkileşim sonucu oluşan çökelti veya partiküller yağın kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Rafinasyon işlemleri sürecinde oksidasyonun engellenebilmesi için ağartma işlemi vakum altında gerçekleştirilmektedir. Vakum koşullarında oksijenin etkisi en aza indirilir ve böylece yağdaki oksidatif reaksiyonlar durdurularak son üründe muhtemelen olumsuzluklar giderilebilir [15]. Azaltılmış vakum koşulları, aynı zamanda buharlaşma hızının kontrol edilmesine de yardımcı olmakta ve renk pigmentlerinin çıkarılması sırasında verimliliği arttırılabilesini de olumlu yönde etkileyebilmektedir.

Ultrasonik teknikler, insan işitme aralığının genellikle 20kHz olarak kabul edilen üst sınırından daha yüksek frekansta titreşen ses dalgalarını içeren bir yöntemdir. Ultrasonik mekanizma, özellikle sıvıların özellikleri, ortamın fiziksel koşulları ve ultrasonik sistemin akustik gücü gibi faktörlere bağlı olarak, sıvı çözeltiler içinde kavitasyon adı verilen yüksek enerjili yapıların oluşmasını sağlamaktadır. Kavitasyon, ultrasonik titreşimlerin neden olduğu basınç değişimleri sonucunda sıvı içerisinde mikroskobik boyutlarda boşlukların oluşması ve bu boşlukların hızla çökmesi ile gerçekleşmektedir. Ultrasonik sistem özellikle çözünürlüğü zor olan maddelerin çözünürlüğünü arttırmak, yüzey geriliminin düşürülmesi ile kütle transferini geliştirmek amacıyla gıda teknolojisinde yaygın olarak kullanılan non-termal bir uygulamadır [16, 17].

Bu çalışmanın amacı, ayçiçek yağının ağartılması aşamasında non-termal ultrasonik uygulamanın renk giderimindeki kazanım potansiyellerinin tespit edilmesidir. Ayrıca, 100–87,5–75°C sıcaklık, % 100–80–60 ultrasonik güç işlem koşullarında uygulanan ultrasonik işlem ile ağartma sürecinde klasik ağartma işlemine göre varsa üstünlüklerinin tespiti amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyaller

Degamming işlemine tabi tutulan nötr ayçiçek yağı, yerel bir yağ işleme şirketinden (Çotanak Yağ, Türkiye) temin edilmiştir. Kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktaydı ve Merck'ten (Almanya) temin edilmiştir. Asitle aktifleştirilen ağartma toprağı (Tonsil OPT 210 FF), Süd Chemie A.G., Almanya'dan satın alınmıştır. Tonsil OPT 210 FF'nin özellikleri pH 4,4 (%10 süspansiyon, filtrelenmiş), asitlik 4,5 (mg KOH/g), yüzey alanı: 200 (B.E.T.) (m<sup>2</sup>/g) ve serbest nem: %10 (2h, 110°C).



## 2.2. Metot

### 2.2.1. Deneysel tasarım

Bu aşamada yağların renginin giderilmesinde uygulanan klasik yöntem ile ultrasonik işlemin entegre edildiği ağartma yöntemi karşılaştırılmıştır. Ön denemeler ile belirlenen 100°C sıcaklık, 500 rpm karıştırma hızı, 10 dakika süre, 100 mbar vakum kuvveti ile 0,2 g ağartma toprağı kullanılarak klasik renk giderimi yapılmış ve 2 dakikada bir numuneler alınarak yağın özellikleri incelenmiştir. Aynı zamanda oluşturulan ön denemelerle belirlenen şartlarda 100–87,5–75°C sıcaklık, % 100–80–60 ultrasonik şiddet, 0,2 g ağartma toprağı kullanılarak 10 dakika uygulama süresi ile ağartma işlemi yapılmış ve 2 dakikada bir numuneler alınarak yağın özellikleri incelenmiştir. Ön çalışmalar sonucu, % 100–80–60 ultrasonik şiddete maruz kalan yağın sırasıyla yağın sıcaklığını 100–87,5–75°C değerlerinde sabitlenebilmektedir. Uygulanan bu ultrasonik şiddet değerlerinde uygulanan güç değerleri sırasıyla 340–280–200W olduğunu belirlemiştir. Ayçiçek yağının kırmızılık renk değerinin çok düşük olması, sarılık renk değerinin diğer bitkisel yağlara göre düşük olmasından dolayı işlem koşulları düşük seviyelerde belirlenmiştir. Elde edilen veriler ile klasik ile ultrasonik ağartma yönteminin ayçiçek yağının renk değerlerine olan etkileri karşılaştırılmıştır.

### 2.3. Ayçiçek Yağının Laboratuvar Koşullarında Ağartılması

#### 2.3.1. Ultrasonik ağartma

Yüz gram gamları giderilmiş nötr ayçiçek yağı 250 mL'lik beherde tartılır ve bir ısıtıcı ile deneme noktasındaki sıcaklığa kadar ısıtılır ve istenen sıcaklığa gelene kadar 500 rpm'de karıştırılır. İstenen sıcaklığa ulaşıldığında yağ numunesi hızla 250 mL çift ceketli silindirik cam kaba aktarılır. Daha sonra, yağ numunesi bir akış hücresi (Hielscher FC100L1K–1S) ile birleştirilmiş 22 mm çaplı bir probla (Hielscher sonotrode BS4D22) ultrasonik işleme tabi tutulur (Hielscher UIP1000–1000W–20kHz, Teltow, Almanya). Sıcaklık bir termometre (Fluke 52–II, WA, ABD) ile kontrol altında tutulur. 2 dakikada bir 10 mL kadar numuneler alınarak 50 mL'lik falcon tüplerine yerleştirilir ve ağartma toprağı yağdan santrifüj sistemi (9000 rpm, 5 dk) kullanılarak uzaklaştırılır (Hettich uni 320R, Tuttlingen, Almanya). Son olarak, 100 mL koyu cam şişelere yerleştirilen ağartılmış yağ örnekleri 4°C'de saklanır [16].

#### 2.3.2. Geleneksel ağartma

Yüz gram gamları giderilmiş nötr ayçiçek yağı 250 mL'lik nuçe erleninde tartılır ve bir ısıtıcı ile 100°C sıcaklığa kadar ısıtılır ve 500 rpm'de, kısmi vakum altında (70 mmHg vakum basıncı, yaklaşık 100 mbar) (KNF Lab N958.50, Freiburg, Almanya) manyetik bir karıştırıcı (Heidolph MR 3001, Almanya) kullanılarak karıştırılır. Sıcaklık bir termometre (Fluke 52–II, WA, ABD) ile kontrol altında tutulur. Ağartma işlemi 10 dakika süresince gerçekleştirilir ve her 2 dakikada bir pastör pipeti yardımıyla yağdan 10 mL kadar numune alınarak 50 mL'lik falcon tüplerinde (9000 rpm, 5 dk) santrifüj edilir (Hettich uni 320R, Tuttlingen, Almanya). Böylelikle ağartma toprağı santrifüjleme işlemi ile yağdan ayrılır. Daha sonra, 100 mL koyu renkli cam şişelere yerleştirilen ağartılmış yağ örnekleri 4°C'de saklanır [16].

#### 2.3.3. Renk değerleri

Yağ numuneleri için kırmızı ve sarı renkleri AOCS Resmi Metot Cc 13e–92'ye göre 1 inçlik bir kuvvet kullanılarak Lovibond Tintometre (PFXi 880/L, Tintometer Ltd., Amesbury, İngiltere) cihazı ile manuel olarak belirlenmiştir [18].

## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

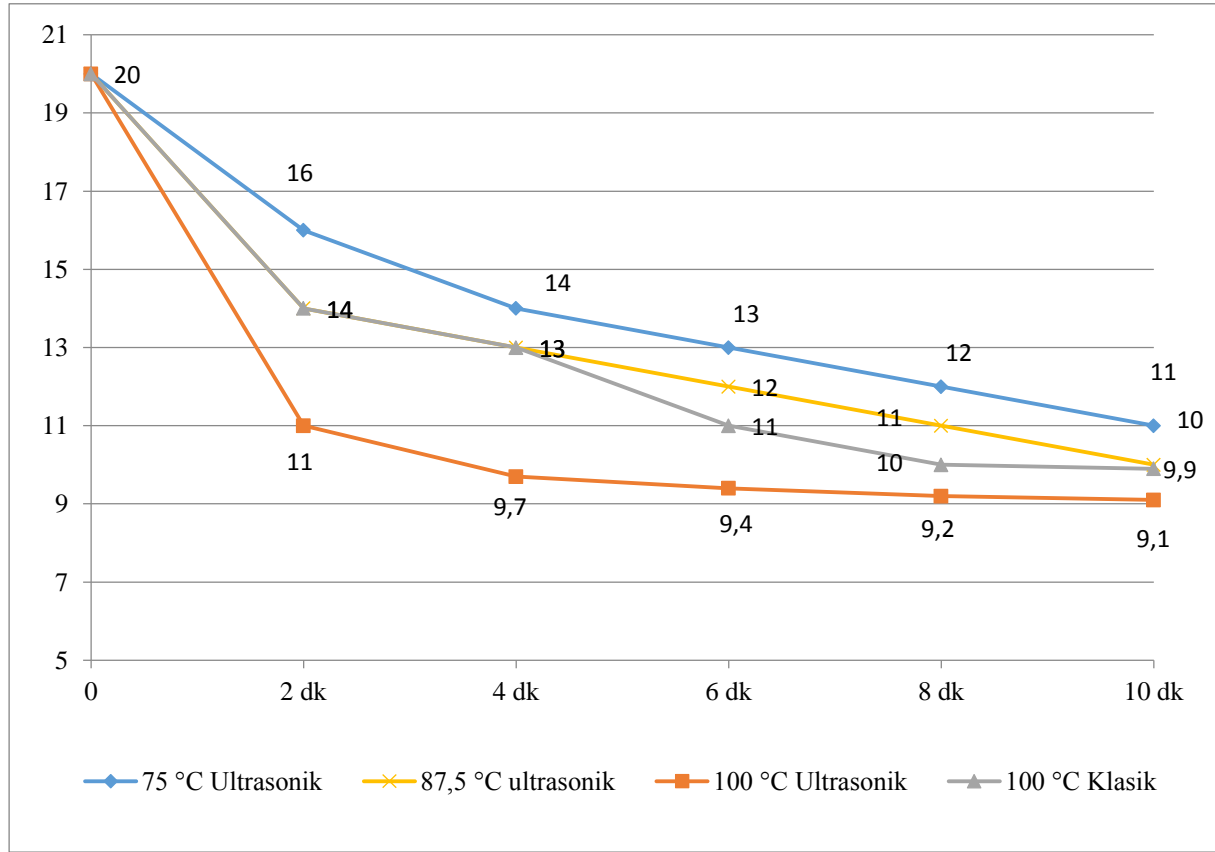
### 3.1. Ultrasonik ve Klasik Ağartma İşlemlerinin Renk Giderimleri

Başlangıçtaki ağartılmamış ayçiçek yağının sarılık değeri 20'dir ve 10 dakika sonunda 100–87,5–75°C sıcaklık, % 100–80–60 ultrasonik güç uygulandığında benzer sarılık değerlerine erişildiği görülmektedir. 100°C/%100 ultrasonik güç uygulamasının hızlı bir renk düşüşünü sağladığı ve 75°C/%60 Ultrasonik güç uygulamasının 10 dakikada ulaştığı renk giderim değerine ikinci dakikada ulaştığı tespit edilmiştir. 100°C klasik ağartma işleminin 87,5°C/%80 ultrasonik güç uygulaması ile paralel renk giderimi sağladığı görülmektedir. Ultrasonik güç/sıcaklık değerinin artmasına bağlı olarak renk giderim değerlerinde hızlanma yani daha düşük sürelerde düşük renk giderim değerlerine ulaşılsa da onuncu dakika sonunda klasik ağartma işlemine göre benzer

renk giderim değerleri belirlenmiştir (Tablo 1 ve Şekil 1). Ultrasonik işlemin renk gideriminde adsorpsiyon hızını arttırdığı, proses şartlarını iyileştirme potansiyeli olduğu benzer çalışmalarda da belirtilmektedir [16,17, 18, 21].

**Tablo 1.** Ağartma işlemi lovibond sarı renk giderimleri

	75 °C	87,5 °C	100 °C	100 °C
	%60 Ultrasonik Güç	%80 Ultrasonik Güç	%100 Ultrasonik Güç	Klasik
0 dk	20± 0,0	20± 0,0	20± 0,0	20± 0,0
2 dk	16± 0,0	14± 0,0	11± 0,0	14± 0,0
4 dk	14± 0,0	13± 0,0	9,7± 0,0	13± 0,0
6 dk	13± 0,0	12± 0,0	9,4± 0,0	11± 0,0
8 dk	12± 0,0	11± 0,0	9,2± 0,0	10± 0,0
10 dk	11± 0,0	10± 0,0	9,1± 0,0	9,9± 0,0

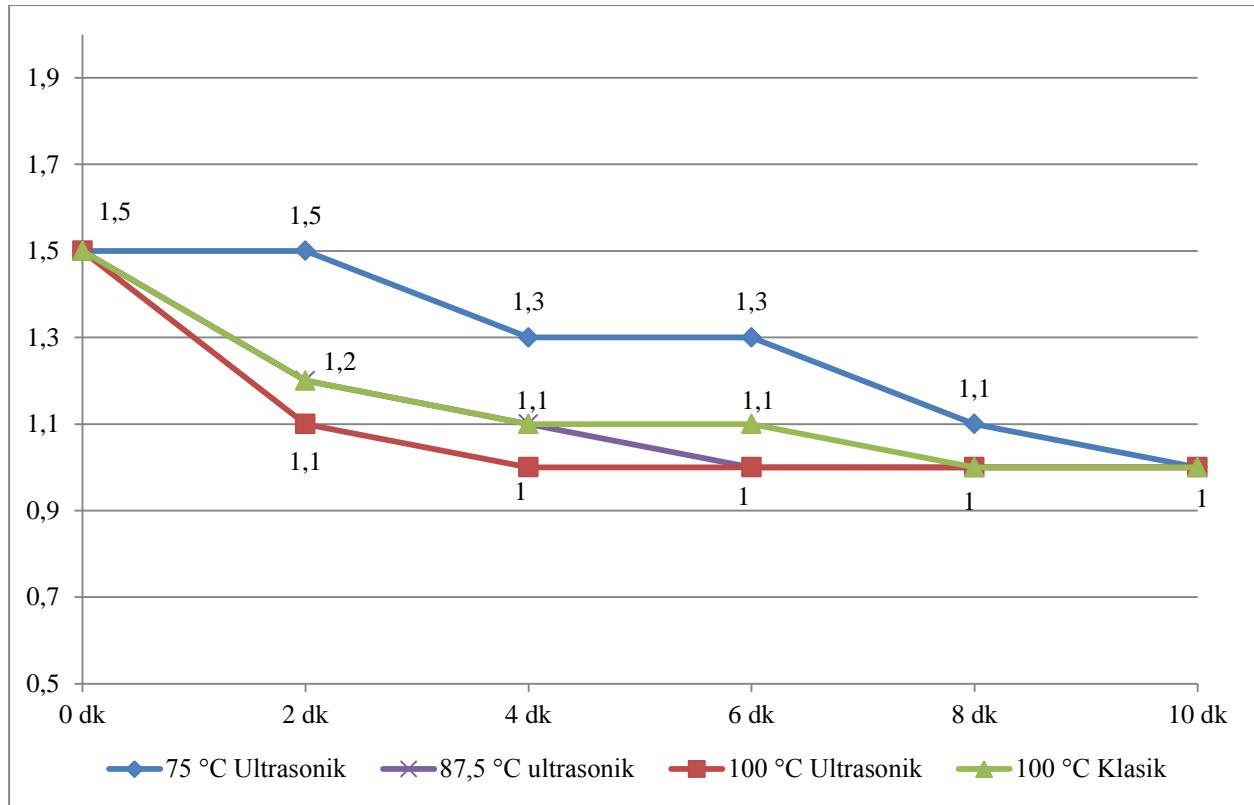


**Şekil 1.** Ağartma işlemi lovibond sarılık renk giderimleri

Başlangıçtaki ağartılmamış ayçiçek yağının kırmızılık değeri 1,5'tir ve beklendiği gibi kırmızılık değeri oldukça düşüktür. 10 dakika sonunda 100–87,5–75°C sıcaklık, % 100–80–60 ultrasonik güç uygulandığında klasik ağartma işlemi ile benzer kırmızılık değerlerine erişildiği görülmektedir. Kırmızılık değeri yüksek yağlarda yüksek sıcaklık uygulaması gerekliliği bilinen bir durumdur. Düşük sıcaklık uygulamalarında kırmızılık giderimi pek mümkün değildir. 100°C klasik ağartma işleminin Sıcaklık/Ultrasonik güç uygulamaları bakımından klasik ağartma işlemine göre belirgin bir fark görülmemektedir (Tablo 2 ve Şekil 2). 75°C/%60 ultrasonik güç uygulamasının diğer işlem koşullarına göre daha yavaş renk giderimi sağladığı fakat onuncu dakika sonunda diğer işlem koşulları ile benzer renk giderim değerine ulaştığı söylenebilir. Elde edilen veriler literatürle benzer özellikler göstermektedir [16, 20, 21, 22, 23].

**Tablo 2.** Ağartma işlemi lovibond kırmızılık renk giderimleri

	75 °C	87,5 °C	100 °C	100 °C
	%60 Ultrasonik Güç	%80 Ultrasonik Güç	%100 Ultrasonik Güç	Klasik
0 dk	1,5 ± 0,0	1,5 ± 0,0	1,5± 0,0	1,5± 0,0
2 dk	1,5 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,1± 0,0	1,2± 0,0
4 dk	1,3 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,0± 0,0	1,1± 0,0
6 dk	1,3 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0± 0,0	1,1± 0,0
8 dk	1,1 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0± 0,0	1,0± 0,0
10 dk	1,0 ± 0,0	1,0± 0,0	1,0± 0,0	1,0± 0,0



**Şekil 2.** Ağartma işlemi lovibond kırmızılık renk giderimleri

#### 4. SONUÇ

Non-termal uygulamalarda büyük potansiyeli olan ultrasonik işlemlerin bitkisel yağların rafinasyonundaki önemli adımlardan birisi olan ağartma aşamasında kullanılması büyük potansiyeller içermektedir. Özellikle bitkisel yağa uygulanan sıcaklık derecesi, işlem süresi, kullanılan ağartma toprağı miktarının azaltılması gibi kazanımların bitkisel yağın renk bileşimlerinin yoğunluğuna göre arttığı görülmektedir. Ayçiçek yağı renk bileşenlerince çok zengin olmayan bir yağ olarak ağartılması diğer bitkisel yağlara göre kolay denilebilecek bir yağdır. Çalışma sonucunda, gamları giderilmiş nötr ayçiçeğı yağının kırmızılık renk içeriğı çok düşük olduğu için uygulanan ultrasonik işlem klasik ağartma işlemine göre belirgin bir fark ortaya koyamamış görünmektedir. Sarılık değeri incelendiğinde ise klasik yöntem kullanıldığında sekizinci dakikada ulaşılan sarılık değerine 100°C sıcaklık/%100 ultrasonik güç uygulaması ile dördüncü dakikada ulaşılmıştır. Beklendiğı gibi ultrasonik işlem ağartma toprağının adsorpsiyon kapasitesini artırarak daha kısa sürede renk giderimi sağlayabilmektedir. Diğer bitkisel yağlarla kıyaslandığında ayçiçek yağının ağartılmasında oldukça düşük ağartma toprağı miktarı ve işlem süresi gerektirmesi ultrasonik işlemin endüstriyel uygulamaları için maliyet analizi dikkate alınarak değerlendirilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Smith, J. R. The Significance of Edible Oils in Global Cuisine, *International Journal of Gastronomy and Food Culture*, 15, 56-68, 2018.
- [2] Jones, K. P., Brown, H. R., Martinez, A. M., & Clark, W. D. Extraction Methods and Their Implications on Edible Oil Quality, *Journal of Food Processing*, 38(4), 567-582, 2015.
- [3] Roberts, L. S. Edible Oil Refining Techniques: A Comprehensive Review, *Journal of Food Science and Technology*, 53(7), 2895-2905, 2016.
- [4] Gomez, R. J., Johnson, M. A., Smith, T. K., & Williams, P. Q. Activated Bleaching Clays in Edible Oil Refining: A Comprehensive Review, *Food Chemistry and Technology*, 37(2), 156-171, 2019.
- [5] Brown, A. B., & White, C. D. Impacts of Adsorbent Structure on Oil Loss during Bleaching, *Journal of Oilseed & Olive Oils*, 42(3), 235-248, 2020.
- [6] Green, S. M., Wilson, E. F., Harris, L. J., & Turner, M. W. Environmental Concerns of Bleaching Earth Usage in Oil Refining, *Environmental Chemistry and Technology*, 45(2), 154-167, 2017.
- [7] Abedi, E., Sahari, M. A., Barzegar, M., & Azizi, M. H. Enhancement of Edible Oil Quality Using Adsorbent, *Food Control*, 47, 470-484, 2015.
- [8] Roberts, L. S. Structure and Applications of Montmorillonite Clay in Oil Refining, *Journal of Applied Clay Science*, 135, 227-235, 2017
- [9] Gomez, R. J., Smith, T. K., Johnson, M. A., & Williams, P. Q. Enhancing Edible Oil Quality through Adsorption-Driven Bleaching, *Food Science Journal*, 27(5), 321-335, 2019.
- [10] García-Moreno, P. J., Guadix, A. M., Gómez-Robledo, L., Melgosa, M., & Guadix, E. M. Enhancing Edible Oil Quality through Adsorption-Driven Bleaching: A Review, *Journal of Food Science and Technology*, 50(5), 805-815, 2013.
- [11] Brown, A. B., & White, C. D. Improving Adsorption Efficiency of Active Bleaching Clays in Oil Refining, *Journal of Oil and Fat Chemistry*, 66(4), 351-366, 2019.
- [12] Smith, J. R., & Williams, T. M. Activation of Montmorillonite for Enhanced Adsorption in Oil Refining, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 60(7), 2658-2667, 2021.
- [13] Jones, K. P., & White, A. B. Adsorption Characteristics of Active Bleaching Clays for Edible Oil Refining, *Journal of Food Engineering*, 213, 42-50, 2018.
- [14] Green, S. M., Wilson, E. F., Harris, L. J., & Turner, M. W. Environmental Considerations in Oil Refining: Impact of Temperature, *Environmental Science and Pollution Research*, 29(6), 6347-6359, 2022.
- [15] Ng, K. S., Tan, C. P., Long, K., Mirhosseini, H., & Nehdi, I. A. Enhancing Edible Oil Quality Using Vacuum-Assisted Bleaching Process, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(5), 499-511, 2019.
- [16] Icyer, N. C., & Durak, M. Z. Ultrasound-assisted bleaching of canola oil: Improve the bleaching process by central composite design, *Lwt*, 97(March), 640-647, 2018.
- [17] Abbasi, R., Gharachorloo, M., Ghavami, M., Mahmood-Fashandi, H., & Mousavi Khaneghah, A. The Effect of Ultrasonic Waves in Bleaching of Olive and Sunflower Oils and Comparison with Conventional Bleaching, *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), 1-7, 2017.
- [18] Škevin, D., Domijan, T., Kraljić, K., Kljusurić, J. G., Nederal, S., & Obranović, M. Optimization of bleaching parameters for soybean oil, *Food Technology and Biotechnology*, 50(2), 199-207, 2012.
- [19] Ngo, T. H. D., & Ngo, D. N. Effects of low-frequency ultrasound on heterogenous deacetylation of chitin, *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 1604-1610, 2017.
- [20] Brown, A. B., & White, C. D. Effect of Temperature on Adsorption Kinetics in Oil Bleaching, *Journal of Oil and Fat Chemistry*, 68(3), 217-232, 2019.
- [21] Smith, J. R. Enhancing Quality of Edible Oils: Role of Temperature in Refining Processes, *Food Chemistry and Technology*, 39(4), 415-429, 2020.
- [22] Topkafa, M., Ayyildiz, H. F., Arslan, F. N., Kucukkolbasi, S., Durmaz, F., Sen, S., & Kara, H. Role of Different Bleaching Earths for Sunflower Oil in a Pilot Plant Bleaching System, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63(3), 147-154, 2013.
- [23] Chew, S. C., Tan, C. P., & Nyam, K. L. Optimization of Bleaching Parameters in Refining Process of Kenaf Seed Oil with a Central Composite Design Model, *Journal of Food Science*, 82(7), 2017.

**Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture**

**YAZIM KURALLARI**

Dergimizde yayınlanmak üzere gönderilen makaleler, dergi makale yazım formatına göre hazırlanmalıdır. Yazın kurallarına ait genel bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

**Genel**

Hakem değerlendirmesi sonrası yayına kabul edilen çalışmalar, yazarlar tarafından baskı formatına uygun şekilde tekrar düzenlendikten sonra sisteme yüklenmelidir. Editörlerimizin formatla ilgili uygulama işlemleri dışında herhangi bir dizgi işlemi yapılmayacaktır. Çalışmalar Office 2013 veya daha üst versiyon bir kelime işlem uygulaması ile yazılmalıdır.

**Sayfa Yapı ve Düzeni**

A4 boyutunda hazırlanacak çalışmalarda, tüm kenarlardan 2.5 cm boşluk bırakılmalıdır. Üstbilgi, tek ve çift sayfalarda farklı olarak işaretlenmelidir. Üstbilgi, 8 punto büyüklüğünde ve Times New Roman fontu ile yazılmalıdır. Sayfa, tek sütun olarak düzenlenmelidir.

**Makale Ana Başlığı**

Türkçe: Makale başlığı Times New Roman fontuyla 12 punto, sadece baş harfleri büyük olacak şekilde, her iki yana ortalı ve koyu font ile yazılmalı, ayrıca Türkçe başlıktan önce ve sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır. İngilizce: Sadece baş harfleri büyük, ortalı ve koyu olarak Times New Roman fontu ile 10 punto olarak yazılmalıdır. İngilizce başlıktan sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır.

**Yazar Adları**

Yazar adları Times New Roman fontu ile ortalı, koyu ve 10 punto olarak yazılmalıdır. Yazar adları ile adres arasında boşluk olmamalıdır. Yazar adlarına ait adres referansları üslü ifade 5 font büyüklüğünde belirtilmelidir.

**Adresler**

Adresler Times New Roman fontu ile ortalı ve 9 punto olarak yazılmalı. Sadece sorumlu yazarın e-posta adresi, adres satırlarının alt kısmına yine aynı font ve punto ile yazılmalıdır. Adresin hemen alt satırında boşluk bırakmadan 9 punto ile e-posta adresi yazılmalıdır.

**Özet**

Türkçe: Özet, koyu Times New Roman fontunda 9 punto ile yazılmalı, baş harfi büyük ve ilk satırın başına yazılmalıdır. Özet tek paragraf ve en az 50 olmak üzere 150 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır. İngilizce: Abstract, Türkçe özetinde olduğu gibi koyu Times New Roman fontu ile 9 punto büyüklüğünde, baş harfi büyük, tek paragraf en az 50 olmak üzere 150 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler**

Türkçe: Özet metnin altına 1 satır boşluk bırakıldıktan sonra, harfleri büyük ve koyu Times New Roman formatında 9 punto ile yazılacak anahtar kelimeler, en az 3 en fazla 6 adet olmalıdır. Anahtar kelimelerden sonra 2 satır boşluk olmalıdır. İngilizce: Abstract metnin altına 1 satır boşluk bırakıldıktan sonra, harfleri büyük ve koyu Times New Roman formatında 9 punto ile yazılacak anahtar kelimeler, en az 3 en fazla 6 adet olmalıdır. Anahtar kelimelerden sonra 2 satır boşluk olmalıdır.

## **Makale Başlıkları**

Başlıklar numaralandırılmalı, bütün başlıklar Times New Roman fontunda 10 punto büyüklüğünde olmakla birlikte;

- Birinci derece başlıklarda tüm kelimelerin tüm harfleri büyük koyu,
- İkinci derece alt başlıklarda tüm kelimelerin ilk harfi büyük,
- Üçüncü derece başlıklarda sadece ilk kelimenin baş harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır.

Başlıklardan önce ve sonra bir satır boşluk bırakılmalı. Başlıklar sola dayalı olmalıdır. Makalelerin başlıkları sırayla şu içerikleri ifade edebilecek şekilde olmalıdır;

- Giriş
- Materyal ve Metod
- Deneysel Kısım
- Gereç ve Yöntemler
- Tartışma
- Sonuç

## **Metin Hakkında**

Metin, Keywords'den sonra 1 satır boşluk (10 punto) bırakılarak tek satır aralıklı 10 punto ile yazılmalıdır. Paragraf girintisi 0,7 cm olmalı ve paragraflardan önce ve sonra 6nk boşluk bırakılmalıdır. Metin iki yana yaslı şekilde yazılmalıdır.

## **Tablo, Şekil ve Denklemler**

Tablo ve şekiller, kullandıkları sıraya göre numaralandırılmalıdır. Tabloların başlıkları üst-orta hizada, şekillerin başlıkları ise alt-orta hizada olmalıdır. Her tablo ve şekil mutlaka sırası bozulmadan Tablo 1., Şekil 1. gibi yazılmalı, koyu Times New Roman 10 punto olmalıdır. Tablo ve şekillere ait açıklamalarda sadece ilk harf büyük, Times New Roman 10 punto olmalı ve koyu font ile yazılmamalıdır. Formüller ve denklemler Math Type ya da Word Denklem Düzenleyici kullanılarak yazılmalıdır.

## **Kaynak Belirtme**

Makalemizde kaynak gösterimi köşeli parantez içerisinde numara vererek yapılmalı “[1]”, kaynaklar orijinal dilinde verilmelidir. Kaynakların yazıldığı kısım Times New Roman 9 punto olmalıdır. Örnek kaynakça içeriği aşağıdaki gibidir:

1. Chen Y. R., Chao K., Kim M. S. Machine vision technology for agricultural applications, Computers and Electronics in Agriculture, 36 173-191, 2002.
2. Kumar A. Computer vision based fabric defect detection: a survey, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 55 348-363, 2008.
3. Yetis H., Baygin M., Karaköse M. A New Micro Genetic Algorithm Based Image Stitching Approach for Camera Arrays at Production Lines, The 5th International Conference on Manufacturing Engineering and Process (ICMEP 2016), 25-27 May, 2016.

# Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

## Instruction for Authors

The articles submitted for publication in our journal should be prepared in accordance with the journal article writing format. General information about the rules of the literature is summarized below.

### General

Studies accepted for publication after peer-review should be uploaded to the system after they are rearranged by the authors in accordance with the print format. No typesetting will be done except for the format-related application procedures of our editors. Studies must be written with an Office 2013 or higher word processing application.

### Page Structure and Layout

For works to be prepared in A4 size, 2.5 cm margins should be left on all sides. The header should be marked differently on odd and even pages. The header should be written in 8-point Times New Roman font. The page should be arranged as a single column.

### Article Main Title

**Turkish:** The title of the article should be written in Times New Roman font, 12 points, only the initials should be capitalized, centered on both sides and in dark font, and 1 line space should be left before and after the Turkish title.

**English:** Only the initials should be capitalized, centered and bold, with Times New Roman font and 10 points. One line space should be left after the English title.

### Author Names

Author names should be written in Times New Roman font, centered, bold and 10 point. There should be no spaces between the names of the authors and the address. Address references of author names should be specified in exponential 5 font size.

### Addresses

Addresses should be written in Times New Roman font, centered and 9 points. Only the e-mail address of the responsible author should be written at the bottom of the address lines in the same font and size. The e-mail address should be written in 9 points, without leaving any spaces, just below the address.

### Summary

**Turkish:** The abstract should be written in bold Times New Roman font, 9 points, the initials should be capitalized and written at the beginning of the first line. The abstract should be written in a single paragraph and not exceeding 150 words, at least 50.

**English:** The abstract should be written in bold Times New Roman font, as in the Turkish abstract, in 9 font size, with capital letters, and not exceeding 150 words, with a single paragraph of at least 50.

### Keywords

**Turkish:** Key words to be written in 9 font size, capitalized and bold Times New Roman format, after leaving 1 line of space under the abstract text, must be at least 3 and at most 6 words. There should be 2 lines of space after the keywords.

**English:** Key words to be written in 9 font size, capitalized and bold Times New Roman, after leaving 1 line space under the abstract text, must be at least 3 and at most 6 words. There should be 2 lines of space after the keywords.

### **Article Titles**

Headings should be numbered, all headings should be in Times New Roman font and 10 points;

- In first-degree titles, all letters of all words are capitalized,
- In secondary sub-headings, the first letter of all words is capitalized,
- In third degree titles, only the first letter of the first word should be capitalized.

One line space should be left before and after the headings. Headings should be left aligned.

The titles of the articles should be able to express the following contents in order;

- Introduction
- Material and Method
- Experimental Part
- Materials and Methods Discussion
- Conclusion

### **About the Text**

The text should be written in 10 font size with single line spacing, leaving 1 line space (10 points) after the Keywords. Paragraph indent should be 0.7 cm and 6 pt spacing should be left before and after paragraphs. The text should be written in justified form.

### **Table, Figure and Equations**

Tables and figures should be numbered in the order in which they are used. The titles of the tables should be in the upper-middle position, and the titles of the figures must be in the lower-middle position. Each table and figure must be written as Table 1, Figure 1 without breaking the order, and must be in 10 pt Times New Roman bold. In the explanations of tables and figures, only the first letter should be capitalized, Times New Roman 10 points and should not be written in bold font. Formulas and equations should be written using Math Type or Word Equation Editor.

### **References**

References in our article should be cited in square brackets by numbering “[1]”, references should be given in their original language. References should be written in Times New Roman 9 points. Sample bibliography content is as follows:

1. Chen Y. R., Chao K., Kim M. S. Machine vision technology for agricultural applications, *Computers and Electronics in Agriculture*, 36 173-191, 2002.
2. Kumar A. Computer vision based fabric defect detection: a survey, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55 348-363, 2008.
3. Yetis H., Baygin M., Karaköse M. A New Micro Genetic Algorithm Based Image Stitching Approach for Camera Arrays at Production Lines, *The 5th International Conference on Manufacturing Engineering and Process (ICMEP 2016)*, 25-27 May, 2016.



**Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture**

**Değerlendirme Süreci**

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'ne gönderilen yazılar, öncelikle Yayın Kurulunca dergi ilkelerine uygunluk açısından ön değerlendirmeye tabi tutulur. Dergi kapsamına girmeyen veya bilimsel bir yazı formatına içerik ve şekil açısından uymayan yazılar, hakemlik süreci başlatılmadan geri çevrilir veya bazı değişiklikler istenebilir. Yayın için teslim edilen makalelerin değerlendirilmesinde akademik tarafsızlık ve bilimsel kalite en önemli şartlardır.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'ne yayın kurallarına uygun olarak gönderilen makaleler, daha sonraki aşamada intihal denetiminden geçirilir. Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'nde intihal denetimi, Ithenticate paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmekte ve intihal denetiminde, benzerlik oranının %20'nin üstüne çıkmaması gerekmektedir. İlgili çalışmada herhangi bir intihale rastlanmadığı takdirde değerlendirilmek üzere o alandaki çalışmalarıyla tanınmış iki hakeme gönderilir. MSUFBD Dergisi, sürecin her aşamasında, hakem ve yazarların isimlerinin saklı tutulduğu çift-kör hakemlik sistemini kullanmaktadır. Hakem raporlar beş yıl süreyle saklanır. Makaleyi değerlendiren iki hakemden birisinin olumlu diğerinin olumsuz rapor vermesi durumunda makale üçüncü hakeme gönderilmekte veya Yayın Kurulu, hakem raporlarını inceleyerek nihai kararı vermektedir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'ne gönderilen çalışmalarda yazarlar, hakem ve Yayın Kurulunun eleştiri ve önerilerini dikkate alırlar. Katılmadıkları hususlar varsa gerekçeleriyle birlikte itiraz etme hakkına sahiptirler. Dergideki hakemlik sürecinde, akademik unvana sahip kişilerin yayınları için ancak eşit ya da üst derecede akademik unvana sahip kişiler hakem olabilir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'ne hakem değerlendirme süreci, istenilmeyen nedenlerden dolayı bazen uzun sürebilmektedir. Normal koşullarda editör tarafından ön değerlendirme aşaması 20 gün; hakem değerlendirme süreci de 60 gün olarak planlanmaktadır. Ancak hakemlerden zamanında dönüş olmaması nedeniyle yeniden hakem atama vb. nedenlerden dolayı hakem değerlendirme süreci uzayabilmektedir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'ne makale gönderen yazar/yazarlar, Derginin söz konusu hakem değerlendirme koşullarını ve sürecini kabul etmiş sayılırlar.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'ne yayımlanmasına karar verilen (kabul edilen) çalışmaların telif hakkı, Muş Alparslan Üniversitesi'ne devredilmiş sayılır.

**Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture**

**Peer Review Process**

Articles submitted to the Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture are first evaluated by the Editorial Board in terms of compliance with the journal's principles. Articles that are not covered by the journal or that do not comply with a scientific writing format in terms of content and form are rejected or some changes may be requested without starting the refereeing process. Academic impartiality and scientific quality are the most important conditions in the evaluation of the articles submitted for publication.

Articles submitted to the Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture in accordance with the publication rules are then checked for plagiarism. In Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, plagiarism control is carried out through the Ithenticate package program and the similarity rate should not exceed 20% in plagiarism control. If no plagiarism is found in the relevant work, it is sent to two referees who are known for their work in that field for evaluation. Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture uses the double-blind peer-review system where the names of the referees and authors are kept at every stage of the process. Referee reports are kept for five years. If one of the two referees evaluating the article gives a positive report and the other a negative report, the article is sent to the third referee or the Editorial Board makes the final decision by examining the referee reports.

In the articles submitted to the Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, the authors take into account the criticisms and suggestions of the referee and the Editorial Board. If there are issues that they do not agree with, they have the right to object together with their reasons. During the refereeing process in the journal, only people with equal or higher academic titles can be referees for the publications of people with academic titles.

The referee evaluation process for Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture can sometimes take a long time due to undesirable reasons. Under normal circumstances, the preliminary evaluation phase by the editor is 20 days; The referee evaluation process is also planned as 60 days. However, due to the lack of timely return from the referees, re-appointment etc. For reasons, the referee evaluation process may take longer.

The author(s) who submit an article to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture are deemed to have accepted the referee evaluation conditions and process of the Journal.

The copyright of the articles decided (accepted) to be published in the Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Muş Alparslan University is deemed to have been transferred to Muş Alparslan University.

# **Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**

## **Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture**

### **Yayın İlkeleri**

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan, mühendislik ve mimarlık bilimleri alanında özgün ve nitelikli çalışmaları, bilimsel bir yaklaşımla ele alır. Alandaki çalışmaların niteliğinin yükselmesine, yöntem ve uygulamaların gelişmesine, kuram ve uygulama alanlarındaki çalışmalar arasında iletişimin güçlenmesine ve alanındaki literatürün zenginleşmesine katkı sağlamak amacıyla yayımlanmaktadır.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisine gönderilecek çalışma, alanında bir boşluğu dolduracak özgün bir yazı olmalı ya da daha önce yayımlanmış çalışmaları değerlendiren, konuya dair yeni ve dikkate değer görüşler ortaya koyan inceleme olmalıdır.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisine gönderilecek yazılar makale, çeviri ve kitap tanıtımı türünde olmalıdır. Dergimize gönderilen çeviri yazılar için, makale sahibinin yayın izni ve orijinal metin gereklidir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisinin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi gönderilen çalışmalar daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış ve halihazırda yayımlanmak üzere sunulmamış olmalıdır. Bilimsel bir toplantıda sunulmuş bildiriler, durum açıkça belirtilmek şartıyla dergiye gönderilebilir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Kış/Aralık ve Yaz/Haziran sayısı olmak üzere yılda iki defa düzenli olarak yayımlanmaktadır.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisine gönderilen yazılara telif hakkı ödenmez. Yayımlanan makalelerin telif hakkı Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisine aittir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisinde yayımlanan yazıların bilimsel ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisinde yer alan yazılardaki görüş ve düşünceler yazarlarının kişisel görüşleri olup derginin ve bağlı olduğu kurumların görüşlerini yansıtmaz.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisine gönderilen çalışmalar, TÜBİTAK ULAKBİM'in DergiPark Sistemi (UDS) üzerinden elektronik ortamda gönderilmektedir. Bu sisteme <http://dergipark.gov.tr/maummfd> de yer alan "Keşfet" kısmı altındaki "Makale Gönder" linkinden ulaşılabilir. Söz konusu sisteme kayıt yapıp makale gönderildikten sonra hakem süreciyle ilgili gelişmeler ve hakem değerlendirme raporları yazarlar tarafından kolaylıkla takip edilebilir.

**Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture**

**Editorial Principles**

Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture deals with original and qualified studies in the field of engineering and architectural sciences, made at national and international level, with a scientific approach. It is published in order to contribute to the improvement of the quality of studies in the field, the development of methods and applications, the strengthening of communication between studies in the field of theory and practice, and the enrichment of the literature in the field.

The study to be submitted to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture should be an original article that will fill a gap in its field, or it should be a review that evaluates previously published studies and presents new and remarkable views on the subject.

Articles to be sent to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture should be in the form of articles, translations and book presentations. For the translated articles sent to our journal, the publication permission of the article owner and the original text are required.

The publication languages of Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture are Turkish and English.

Studies submitted to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture must not have been published anywhere before and should not have been submitted for publication. Papers presented at a scientific meeting can be sent to the journal, provided that the situation is clearly stated.

Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture is published regularly twice a year, in Winter/December and Summer/June.

Copyright is not paid for the articles sent to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture. The copyright of the published articles belongs to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture.

Scientific and legal responsibility of the articles published in Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture belongs to the authors.

The views and opinions in the articles in Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture are the personal views of the authors and do not reflect the views of the journal and its affiliated institutions.

Studies submitted to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture are sent electronically via TÜBİTAK ULAKBİM's DergiPark System (UDS). This system can be accessed from the "Send Article" link under the "Discover" section at <http://dergipark.gov.tr/maummfd>. After registering to the system in question and submitting the article, the developments related to the referee process and the referee evaluation reports can be easily followed by the authors.

**Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**  
**Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture**

**Yazışma Adresi / Correspondence Address**

Muş Alparslan Üniversitesi  
Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergi Editörlüğü  
Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi  
49250 – MUŞ/TÜRKİYE  
Tel: 0 436 249 49 49 / 1968 - Fax: 0 436 249 13 18  
Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/maummfd>  
e-mail: [muhmimdergi@alparslan.edu.tr](mailto:muhmimdergi@alparslan.edu.tr)