



## **8. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi -Fen ve Mühendislik Bilimleri-**

the 8th International Scientific Research Congress  
- Science and Engineering - (UBAK)

**(UBAK)**

**(22 – 23 August 2020)**

**HATTUŞA / Çorum**

**Bildiri Tam Metin Kitabı**  
Proceeding Book

**Editör / Editor**  
Doç. Dr. Özlem ÇAKIR



**Hattuşa 2020**

**Yayın Koordinatörü/ Broadcaste Coordinator•**  
Muhammet ÖZCAN

**Yayın Yönetmeni / General Publishing Director •**  
Doç. Dr. Özlem ÇAKIR

**Editör / Edited by •**  
Doç. Dr. Özlem ÇAKIR

**Kapak Tasarım / Cover Design**  
Zuhal KOÇ

**İç Tasarım / Interior**  
Zuhal KOÇ

**Birinci Basım / First Edition• ©**  
Ağustos 2020 // August 2020-Hattuşa

ISBN: 978-625-7813-08-2

**ASOS YAYINEVİ**

1st Edition / 1.baskı: Ağustos/August 2020

Address / Adres: Çaydaçıra Mah. Hacı Ömer Bilginoğlu Cad. No: 67/2-4  
MERKEZ/ELAZIĞ

Mail: asos@asosyayinlari.com - Web: www.asosyayinlari.com

Instagram: <https://www.instagram.com/asosyayinevi/>

Facebook: <https://www.facebook.com/asosyayinevi/>

Twitter: <https://twitter.com/Asosyayinevi>



## **KURULLAR**

### **DÜZENLEME KURULU**

Prof. Dr. Şerife BÜYÜKKÖSE; Prof. Dr. Asım OLGUN,; Prof. Dr. Bünyamin KOCAOĞLU

Prof. Dr. Redžep ŠKRIJELJ; Doç. Dr. Belgin ERDEM; Doç. Dr. Özlem ÇAKIR  
Doç. Dr. Hayrettin ZENGİN; Doç. Dr. Emel İSLAMOĞLU; Dr. Mine Nazan Kerimak ÖNER

Dr. Öğr. Üyesi Yasemin U. SAKARYA; Dr. Öğr. Üyesi Nermin ATİLLA

### **BİLİM KURULU**

Doç.Dr. C. Betül Emrullahoğlu ABİ, Afyon Kocatepe Üniversitesi

Dr. Sami ACAR, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Mine AKGÜN, Uludağ Üniversitesi

Doç. Dr. T. Çetin AKINCI, İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof.Dr. Erhan ALBAYRAK, Erciyes Üniversitesi

Dr. Rovida ALMOMANİ, Jordan University

Prof. Dr. Dilek ANAÇ, Ege Üniversitesi

Doç. Dr. Nurhayat ATASOY, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi

Dr. Akhenak ATMANE, Centre Universitaire Tipaza

Doç. Dr. Zehra Şapçı AYAS, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi

Prof. Dr. Salih AYDEMİR, Harran Üniversitesi

Prof. Dr M. Emin AYDIN, Necmetin Erbakan Üniversitesi

Prof. Dr. Senar AYDIN, Necmetin Erbakan Üniversitesi

Doç. Dr. Vezir AYHAN, Sakarya Üniveritesi

Doç. Dr. Zayde AYVAZ, Çanakkale Onsekizmart Üniversitesi

Doç. Dr. Khalid M. Al- BATAYNEH, Yarmouk University

Doç. Dr. Saadet Arzu BERİLGİN, Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ceyda BİLGİÇ, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Dr. Khaldon BODOOR, Jordan University

Prof. Hüsamettin BULUT, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Ali Savaş BÜLBÜL, Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi

Doç.Dr. Ivana CACCIATORE, G. D'Annunzio Üniversitesi

Prof. Dr. Miriş Mirmusa CAFEROV, Bakü Devlet Üniversitesi

Doç. Dr. Erhan CENGİZ, Alanya Alaaddin keykubat Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. M. Fatih DİLEKOĞLU, Harran Üniversitesi

Doç. Dr. Ali Rıza DİNÇER, Namıkkemal Üniversitesi  
Prof. Dr. Cengiz DOĞAN, Harran Üniversitesi  
Prof. Dr. Nükhet DOĞAN, Gazi Üniversitesi  
Doç. Dr. Fikriye Tüncel ELMALI, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Prof. Dr. Yılmaz EMRE, Akdeniz Üniversitesi  
Doç. Dr. Uçman ERGÜN, Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Doç. Dr. Ayten Erol GÖRÜR, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Burcu ERTUĞ, Nişantaşı Üniversitesi  
Prof. Dr. Nevin ERYÜCE, Ege Üniversitesi  
Prof. Dr. Metin GÜRÜ, Gazi Üniversitesi  
Prof. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU, Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Doç. Dr. Vesel Hoxha / IGJEUM, Arnavutluk  
Prof. Dr. Irshad HUSSAİN, The Islamia University of Bahawalpur  
Prof. Dr. Kamil IŞIK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Doç. Dr. Murat KALE, Düzce Üniversitesi  
Doç. Dr. Timur KAPROL, Kırklareli Üniversitesi  
Doç. Dr. Duran KATAR, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Prof. Dr. Rabah Ali KHALİL, University of Mosul  
Doç. Dr. Serpil Koral KOÇ, Uludağ Üniversitesi  
Doç. Dr. Özcan KÖYSÜREN, Ankara Üniversitesi  
Doç. Dr. Banu Öztürk KURTASLAN, Selçuk Üniversitesi  
Dr. Riad MERİEM, Centre Universitaire Tipaza  
Doç. Dr. Kasım MERMERDAŞ, Harran Üniversitesi  
Doç. Dr. Vanina MİHAİLOVA, Plovdiv University  
Prof. Dr. Bülent OKUR, Ege Üniversitesi  
Prof. Dr. Asım OLGUN, Uludağ Üniversitesi  
Dr. Mine Nazan Kerimak ÖNER, Kocaeli Üniversitesi  
Doç. Dr. M. Şükrü ÖZÇOBAN, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Dr. Burhanettin ÖZDEMİR, Riyadh Prince Sultan University  
Prof. Dr. Ayşegül PEKSEL, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Doç. Dr. Bayram POYRAZ, Düzce Üniversitesi  
Prof. Dr. Ahmad A. Al-RHAYYEL, Yarmouk University  
Prof. Dr. Haythem A. Bany SALAMEH, Yarmouk University  
Prof. Dr. Mahmut SELVİ, Gazi Üniversitesi  
Prof. Dr. Osman SİVRİKAYA, Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Doç. Dr. Yasin ŞÖHRET, Süleyman Demirel Üniversitesi  
Prof. Dr. Antonio Di STEFANO, G. D'Annunzio Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet TANDIROĞLU, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi  
Prof. Dr. Özden TEZEL, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Doç. Dr. Remzi TUNTAŞ, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi  
Prof.Dr. Hasan TÜRKEZ, Erzurum Teknik Üniversitesi  
Prof. Dr. Sinan UYANIK, Harran Üniversitesi  
Prof. Dr. Şahin YILDIRIM, Erciyes Üniversitesi  
Doç.Dr. ilham YİĞİT, Yozgat Bozok Üniversitesi  
Doç.Dr. Mehmet YÜKSEL, Çukurova Üniversitesi

**SEKRETERYA**

Kadir ERTEKİN

Zuhal KOÇ



## İçindekiler

<b>Önsöz</b> .....	11
<b>Yelda Hale YILDIZAY</b> - Farklı Boyutlardaki Kuvarsın İlavesinin Sert Porselen Bünyesindeki Etkileri .....	13
<b>Osman ÇAMLIBEL</b> - Üre Formaldehitin Farklı Mol Oranlarıyla Üretilen Hdf Levhalarının Fiziksel Bazı Özelliklerinin Araştırılması.....	25
<b>Mehmet SARAÇOĞLU/ Selahaddin KİRAZ/ Nurcan KIRAR</b> - Keçilerde Verim Özellikleri .....	37
<b>Mehmet SARAÇOĞLU/ Selahaddin KİRAZ/ Nurcan KIRAR</b> - Keçilerde Morfolojik Özellikleri.....	49
<b>Hilal ÇAVUŞ / Müge GİDİŞ</b> - Cyprinus Carpio Ve Esox Lucius Üzerinde Yapılan Metil Metansülfonat (MMS)'in Farklı Konsantrasyonlarda Tek Hücre Jel Elektroforez İle Karşılaştırmalı DNA Hasarı Çalışması.....	61
<b>Deniz KİBAR/ Derya YETKİN/ Hatice ORUÇ DEMİRBAĞ/ Şakir NECAT YILMAZ</b> -17β-Östradiol Ve 1,2 -Dihidroksi Vitamin D3 Uygulanan Düz Kas Hücrelerinde Çoğalma Ve Apoptoz Dinamiklerinin Epigenetik Analizi .....	73
<b>Hatice ORUÇ DEMİRBAĞ/ Ebru BALLI / Deniz KİBAR</b> - Prematür Over Yetmezliğinde Adipoz Kökenli Mezenkimal Kök Hücrelerin Folikülogenez Üzerine Etkilerinin İncelenmesi .....	83
<b>Meltem İÇKİN GÜLEN / Başak BÜYÜK / Ufuk DEMİR</b> -Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Tıp Fakültesi Öğrencilerinin Eğitiminde Kullanılmak Üzere Sağlıklı Sıçan Dokularından Işık Mikroskopu Preparatlarının Hazırlanması .....	101
<b>Fatma ÖZKAY/ Hakan ÖZKANDAN/ Aysel Çağlan GÜNAL/ İsmail TAŞ</b> - Ekosistem Tabanlı Su Kalitesi Yönetimi .....	111
<b>Mustafa YILDIRIM</b> -Tritikalede Emaskulasyondan Sonra Farklı Zamanda Tozlaşmanın Stigma Alıcılığı Üzerine Etkisi.....	123
<b>Mustafa YILDIRIM/ Songül ÇİFTÇİ</b> -1900'lü Yıllardan Günümüze Türkiye'de Yulaf (Avena Sativa L.) Tarımı .....	133
<b>Gamze TOPAL CANBAZ</b> - Nikel Nanopartikül Sentezine Punica Granatum Ekstrakt Miktarı Etkisi .....	147

<b>Elif SOMUNCU/ Ebru KARATAS/ Melek GÖKBULUT - AB</b> İnitio Baz Setleri Kullanılarak Phosgene'nin Optimize Edilmesi .....	155
<b>Elif SOMUNCU/ Ebru KARATAS/ Melek GÖKBULUT-</b> Fotokromik Lens Üretiminde Kullanılan Gümüş Klorürün Isı Kapasitesinin Hesaplanması .....	159
<b>Bora ÇAVDAR / Fatih Mehmet NUROĞLU-</b> PV Santrallerin Değişken Nüfuz Seviyelerine Göre Güç Sisteminde Frekans Kararlılığı Analizi .....	165
<b>İsmail CANTÜRK -</b> Performance Comparison of Shallow And Deep Cnns For Diagnosis Of Parkinson's Disease From Gait Variability .....	183
<b>Fatih MESTAN / Kadir ÇAVDAR-</b> Plakaların Eğilme Rijitliklerinin Araştırılması .....	189
<b>Filiz KARABUDAK/ Hamid ZAMANLOU-</b> Buckling Analysis On Plates With Different Hole Geometries .....	201
<b>Göksel BEHRET/ Veysel ERTURUN-</b> Yüksek Enerjili Mekanik Aşırı Sıcaklık Süresinin Alüminyum Matrisli Kompozite Etkisi .....	215
<b>Hazal Berrak GENÇDAL/ Zülal AKBAY ARAMA-</b> Ceviz Atığı Kullanımı İle Zemin Dayanımının Arttırılması .....	223
<b>Hazal Berrak GENÇDAL/ Zülal AKBAY ARAMA -</b> Killerin Plastisite Özelliklerinin Tahmininde Laboratuvar Deney Veri Tabanı Kullanılması .....	235
<b>Memduh KARALAR/ Mustafa YEŞİL -</b> Tek Açıklıklı Yığma Kemer Köprünün Farklı Kemer Eğrilik Yüksekliklerinin Yer Hareketleri Altında İncelenmesi.....	251
<b>Muhammet DİNGİL/ Yakup TÜREDİ / Murat ÖRNEK -</b> TDY 2007 ve TBDY 2018'E Göre Yerel Zemin Sınıfı Tanımlamalarının Taban Kesme Kuvvetine Olan Etkisi: İskenderun İlçesinde Sayısal Bir İnceleme.....	263
<b>Mustafa ÇALIŞICI/ Mervan DEMİR -</b> Marshall Stabilitesinin Bulanık Mantık Kullanılarak Tahmin Edilmesi .....	283
<b>Mustafa ÇALIŞICI/ Mervan DEMİR-</b> Trafik Kazalarında Ölüm Sayısının Bulanık Mantık Kullanılarak Tahmin Edilmesi .....	295
<b>Tahir GÖNENA/ Salih YAZICIOĞLU -</b> Kendiliğinden Yerleşen Hafif Betonların Yüksek Sıcaklık Direncine Mineral Katkıların Etkisi .....	309

<b>Nurmila ZHETİMİSHOVA/ Yryskul SAPARALİEVA/ Bakyt SHARSEMBAEV/ Chinara JUMABAEVA/ Rita ISMAİLOVA</b> -Language Learning Assistant Tool: Development and Evaluation.....	321
<b>Şamil GÜVEN/ Erenay TOSUN/ Utku BAYRAM/ Vildan BAYRAM</b> - Denizciler İçin Silyon Feneri Acil Durum Kiti Ve Android Telefon Uygulaması .....	335
<b>Şamil GÜVEN/ Erenay TOSUN/ Utku BAYRAM/ Vildan BAYRAM</b> - Görme Engelli Bireylere Braille Alfabesini Öğreten Elektromekanik Eğitim Kiti Ve Android Telefon Uygulaması.....	345
<b>Sena CİMİLLİ DURU/ Cevza CANDAN-</b> Pamuk/Polyester Karışım Oranının Çorapların Bazı Konfor Ve Performansları Üzerine Etkisi .....	355
<b>Serhan HANER</b> -Akpınar Nefelinli Siyeniti Ve Üretim Yönteminin Ekonomik Analizi .....	369
<b>Sevim ALIŞIR/ Tuğba SEÇKİN</b> - Sodyum Alumina Borosilikat Katkılı Bisigma/Tegdma Matrisli Dental Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi .....	387
<b>Şenol MERT/ Buğra Can KUTLU/ Sevda MERT/ Aydın ÜÇÜNCÜ</b> - CNC Tezgahta PVC Malzemeye Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağının Uygulanması .....	399
<b>Sibel AKKAYA OY/ Hakan KARADENİZ</b> -Türkiye’de Ve Dünya’da Güneş Enerjisi Kullanımı .....	413
<b>Tuba BAYRAM/ Ayşe ÖZGÜVEN</b> - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Pilot Süt Fabrikası Atık Sularının Farklı Koagülant Kullanılarak Ön Arıtımı.....	427
<b>Tuğçe PİŞKİN/ R. Cüneyt ERENOĞLU</b> - Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Taşınmaz Değerlemesi: Kınalı-Tekirdağ-Çanak-kale-Savaştepe Otoyolu Malkara-Çanakkale Kesimi (Çanakkale 1915 Köprüsü Dahil) Örneği .....	437



## ÖNSÖZ

Ağustos 2020’de 8. sini tamamlamış olduğumuz Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi’nin (UBAK) yeni bir serisi ile daha sizlerle birlikteyiz. Tüm dünyayı etkisi altına alan Pandemi ( Corona Virüsü) dolayısıyla alışkanlıklarımızla birlikte eğitim-kültür alanındaki etkinlik biçimlerimizde de bazı değişiklikler meydana gelmiş vaziyettedir. Dolayısıyla belirlenen tarihte Hattuşa/Çorum’da yapılmasını planladığımız organizasyonu bu dönem dijital ortamda gerçekleştirebildik...

Kongremize iştirak edip araştırmalarını bizlerle paylaşmış bilim insanlarının eserlerinden, hakem sürecinden geçmiş olan 36 bildiriye siz değerleri okuyucularımızın hizmetine sunmak üzere kitap haline getirmiş bulunmaktayız. Kitabımız multidisipliner içerikte olup genel anlamda Temel Bilimler ve Mühendislik Bilimlerine ait muhtelif eserleri bir araya getirmiş durumdadır. Her bir çalışmanın, literatüre katkı sağlayıp, benzer araştırmaları desteklemesi temel hedefimizdir.

Kıymetli zamanını ve bilimsel çalışmalarını bizlerle paylaşan bilim insanlarına, etkinliğin sağlıklı ve güvenli bir ortamda çevrimiçi olarak gerçekleşmesinde katkıda bulunan tüm bilim dostlarına, çalışmaları büyük titizlik, özveri ile değerlendiren bilim insanlarına ve arka planda her türlü desteğini gördüğümüz çalışma arkadaşlarımıza sonsuz teşekkürler...

Sağlıklı günlerde yüz yüze etkinliklerle buluşabilmek umuduyla,

Saygılarımla,

**Doç. Dr. Özlem ÇAKIR**



# FARKLI BOYUTLARDAKİ KUVARSIN İLAVESİNİN SERT PORSELEN BÜNYESİNDEKİ ETKİLERİ

**Dr. Öğr. Üyesi Hale YILDIZAY**  
Dumlupınar Üniversitesi

**ÖZET:** Porselen ürünler düşük porozite, su emme ve bununla birlikte yarı ışık geçirgenliği olan, sırlı veya sırsız olarak üretilen, teknik veya sanatsal amaçlı kullanılabilen oldukça yüksek mukavemete sahip seramik malzemelerdir. Porselen ürünler genellikle silika, kaolen ve feldspattan meydana gelen ve üç eksenli seramik (three axial ceramics) olarak isimlendirilen seramik malzeme olarak tanımlanabilir. Genel olarak bir porselen yapı % 50 kaolen, % 25 kuvars ve % 25 feldspattan meydana gelmektedir. Bu çalışma porselen ürünlerin kompozisyonunda ana hammadde olarak kullanılan kuvars hammaddesinin porselen bünye içerisinde farklı boyutlardaki kullanımının etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla kullanılan kuvars numunesi 3 farklı boyutta (10, 45, 63 µm) porselen bünye içerisinde ilave edilerek bünye reçeteleri oluşturulmuştur. Geliştirilen bünyeler laboratuvar fırınlarında 1300 °C'de 6 saat pişirilmiştir.

Elde edilen bu ürünlere kuru küçülme, pişme küçülmesi, bulk yoğunluk, su emme, mukavemet ve renk "L, a, b" testleri uygulanmıştır. Ayrıca, mikroyapıyı incelemek amacıyla da XRD ve SEM çalışmaları yapılmıştır. Sonuç olarak porselen kompozisyonundaki kuvars hammaddesinin tane boyutundaki azalma yoğunluk ve su emmede büyük bir değişiklik meydana getirmemiş, ürünlerin pişme küçülmesinin arttığı ve bununla birlikte mukavemet değerinin düştüğü belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Porselen, Kuvars, Hammadde, Karakterizasyon

## **Effects of the Addition Different Sizes of Quartz in Hard Porcelain Bodies**

**ABSTRACT:** Porcelain products are high strength ceramic materials with low porosity, water absorption and semi-light transmission, which can be produced glazed or unglazed and can be used for technical or artistic purposes. Porcelain products can be defined as ceramic material called three axial ceramics, which are generally made of silica, kaolin and feldspar. In general, a porcelain structure consists of 50% kaolen, 25% quartz and 25% feldspar. In this study, the effects of the use of quartz raw material, which is used as the main

raw material in the composition of porcelain products, in porcelain body in different sizes were investigated. For this purpose, 3 different sizes of quartz (10, 45, 63  $\mu\text{m}$ ) were added in the porcelain body and to composition. The developed bodies were fired for 6 hours at 1300 °C in a laboratory kiln.

Dry shrinkage, firing shrinkage, bulk density, water absorption, strength and color "L, a, b" tests were applied to these products. Besides, XRD and SEM studies were carried out to examine the microstructure. As a result, the decrease in the grain size of the quartz raw material in the porcelain composition did not cause a major change in density and water absorption, it was determined that the firing shrinkage of the products increased and thus the strength value decreased.

**Keywords:** Porcelain, Quartz, Raw material, Characterization

## 1. GİRİŞ

Porselen ürünler düşük porozite, su emme ve bununla birlikte yarı ışık geçirgenliği olan, sırlı veya sırsız olarak üretilebilen, teknik veya sanatsal amaçlı kullanılabilen oldukça yüksek mukavemete sahip olan seramik malzemelerdir (Cheng vd., 2012:4901). Porselen ürünler genellikle kuvars (silika), kaolen ve feldspattan meydana gelen ve üç eksenli seramik (three axial ceramics) olarak isimlendirilen seramik malzeme olarak tanımlanabilir.

Genel olarak bir porselen yapı % 50 kaolen, % 25 kuvars ve % 25 K-feldspattan meydana gelmektedir. Porselen bünye kompozisyonları için kullanılan hammadde-lerden; kaolenler ürüne plastiklik kazandırmak, ürünün yaş ve kuru mukavemetini sağlamak için kullanılmaktadırlar (Tulyaganov., 2006: 1131), (Carty ve Senapati, 1998:3), (Iqbal ve Lee, 2000:3121), (Batista, vd., 2001:256), (Tarhan ve Tarhan., 2019:675).

Feldspatlar ergitici özelliğinden dolayı düşük sıcaklıklarda reaksiyon oluşturarak bünyelerin sinterlenmesini sağlayarak porselen bünyelere istenilen poroziteli mikroyapıyı kazandırır. Porselen bünyelerinin kimyasal kompozisyonları, ergitici-lerin tipine (sodyum veya potasyum) ve oranına bağlı olarak çeşitlilik göstermektedirler. Bu çalışmada sert porselen üretimi yapıldığı için ergitici olarak potasyum feldspat (K- feldspat) kullanılmıştır. K- feldspatın yumuşama ve ergime sıcaklık aralığı sodyum feldspat ve diğerlerine oranla daha geniş olup, ergime öncesi viskoz davranış gösterdiğinden sert porselen üretiminde tercih edilirler (Tarhan ve Tarhan., 2019:675), (Arcasoy, 1983).

Kuvars bünyenin içerisinde dolgu etkisi yaratarak bünyenin iskeletini oluşturmak için kullanılmaktadırlar. Kuvars ( $\text{SiO}_2$ ) bileşimine sahip, sertliği 7, özgül ağırlığı  $2.85 \text{ gr/cm}^3$ , ergime sıcaklığı  $1785 \text{ }^\circ\text{C}$  olan, yer kabuğunda yaygın olarak bulunan iki elementin (Si ve O) bileşiminden oluşan ve doğada en yaygın bulunan minerallerden biridir. Kuvars doğada saf olarak bulunduğu gibi istenmeyen safsızlıklar ile karışmış olarak da bulunabilir. Genellikle beyaz renklidir; demir oksit içeriyorsa, renkleri pembeden kızıla veya kahverengine kadar değişmektedir (Arcasoy, 1983), (DPT, 2001).

Bu çalışma porselen ürünlerin kompozisyonunda ana hammadde olarak kullanılan kuvars hammaddesinin porselen bünye içerisinde farklı boyutlardaki kullanımının etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla kullanılan kuvars numunesi 3 farklı boyutta (10, 45, 63  $\mu\text{m}$ ) porselen bünye içerisinde ilave edilerek bünye reçeteleri oluşturulmuştur. Geliştirilen bünyeler laboratuvar fırınlarında  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 6 saat pişirilmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Hammaddelerin Minerolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan porselen bünyesi için hazırlanan standart reçete kuvars, potasyum feldspat, kaolenden oluşmaktadır. Kullanılan tüm hammaddeler Tulu Seramik A.Ş'den tedarik edilmiş ve reçetede yer alan hammadde içeriği Çizelge 1'de sunulmaktadır. Standart bünyenin içerdiği tüm hammaddelerin kimyasal analizleri x-ışını floresans spektrometresi (XRF, Rigaku) ile gerçekleştirilmiş ve Çizelge 2'de sunulmuştur.

**Çizelge 1.** Porselen bünyesinin hammadde bileşimi

Porselen Reçetesi	Hammadde		
	Kaolen	Kuvars	Potasyum feldspat
Miktar (%)	50	25	25

**Çizelge 2.** Başlangıç hammaddelerin kimyasal kompozisyonu (ağırlıkça %)

Oksitler	Kaolen	K-feldspat	Kuars
SiO <sub>2</sub>	47.00	67.00	98.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38.00	18.5	1.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.40	0.11	0.02
CaO	0.20	0.17	0.02
MgO	0.13	0.08	0.02
Na <sub>2</sub> O	0.10	3.00	0.10
K <sub>2</sub> O	0.5	11.00	0.02
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.03	0.02
SO <sub>3</sub>	0.07	-	-
K.K*	13.58	0.11	0.3

## 2.2. Çamur Hazırlama

Çalışmada kullanılan kuvars numunesi 3 farklı boyutta (10, 45, 63 µm) porselen bünye içerisinde ilave edilerek bünye reçeteleri oluşturulmuştur. Standart porselen bünyesi hazırlamak için 63 µ'lik kuvars kullanılmıştır. Bünyeler tane boyut dağılımına göre sırasıyla K-10, K-45, K-63 olarak tanımlanmıştır.

Reçete karışımları su ve sodyum silikat ilavesi ile birlikte laboratuvar tipi bil-yalı değirmenlerde 1 saat yaş öğütmeye tabi tutulduktan sonra homojen bir çamur elde edilmiştir. Çamurların viskozitesi, Fordcup viskozimetresi kullanılarak akma süresi (s) olarak değerlendirilmiştir. Çalışılan tüm bünyelerin litre ağırlığı 1750 g/l, akış hızı 50 s olarak sabit tutulmuştur. Hazırlanan çamurlar daha sonra alçı kalıplara dökülüp slip döküm işlemi gerçekleştirilmiştir. Döküm yoluyla şekillendirilen ürünlerin kuru ve pişme küçülmeleri dijital kumpasla ölçülerek % değişim olarak hesaplanmıştır. İlk olarak kalıptan çıkarılan numuneler etüvde 110 °C sıcaklıkta kurutulmuştur. Kuru küçülmeleri ölçülen bünyeler laboratuvar fırınlarında 1300 °C'de 6 saat pişirilmişlerdir.

## 2.3. Karakterizasyon

Porselenlerde hammaddelerin tane boyut dağılımı, ürünün mikroyapı, mukavemet, su emme gibi fiziksel özelliklerini de etkilemektedir (Tunçel ve Özel,2012:1399), (Bragança ve Bergmann, 2006:3761).

Bu özellikleri incelemek için pişme sonrasında öncelikle pişme küçülmesi ölçülmüş ve hesaplanmış daha sonra 3'er tane çubuk numuneler pişirim sonrası mukavemet değerlerinin belirlenmesi amacıyla numuneler üç nokta eğme mukavemeti testine tabi tutulmuştur. Mukavemet cihazına yerleştirilen numuneye basma kuvveti uygulanarak kırıldığı kuvvet tespit edilmiş ve mukavemet değeri Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmış (kg/cm<sup>2</sup>) cinsinden bulunan değer MPa çevrilmiştir.

P: ortalama kırma kuvveti

L: destekler arası mesafe

b: numune genişliği

h: numune kalınlığı

g: yer çekimi ivmesi

$$\text{Mukavemet} = \frac{3PL}{2bh^2g} \text{ (kg / cm}^2\text{)} \quad (1)$$

Numunelerin su emme testleri TST 800 EN 997 standardına uygun test metoduyla gerçekleştirilmiştir. Su emme deneyi öncesi tartılarak kuru ağırlıkları ( $w_1$ ) belirlenen numuneler su emme testine tabi tutulmuştur. Deney sonrası yaş ağırlıkları ( $w_2$ ) belirlenmiştir. Daha sonra Eşitlik 2 kullanılarak su emme miktarı (%) değerleri hesaplanmıştır.

Daha sonra yoğunluğu belli bir sıvı içerisine daldırılan numunelerin sıvıdaki ağırlıkları ( $w_3$ ) ve daldırılan sıvı yoğunluğuda ( $\rho_s$ ) göz önünde bulundurularak numunelerin yığmsal yoğunluk değerleri ( $\rho$ ) Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Su Emme Miktarı (\%)} = [(w_2 - w_1) / w_1] * 100 \quad (2)$$

$$\text{Yığmsal yoğunluk } \rho \text{ (\%)} = [w_1 / (w_2 - w_3)] * (\rho_s) \quad (3)$$

Bünyelerin fiziksel özellikleri içeren değerler Çizelge 3'te verilmektedir.

**Çizelge 3.** Bünyelerin fiziksel özellikleri

	<b>K-63</b>	<b>K-45</b>	<b>K-10</b>
<b>Kuru küçülme (%)</b>	2.71	2.74	2.33
<b>Pişme küçülmesi (%)</b>	12.04	12.87	16.29
<b>Su emme (%)</b>	0.01	0.01	0.01
<b>Yığmsal yoğunluk (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.41 ±0.01	2.40 ±0.01	2.39 ±0.01
<b>Mukavemet (MPa)</b>	60.27	59.60	54.0

L\*a\*b\* sistemi rengi tanımlamak için L\*, a\* ve b\* olmak üzere 3 koordinat kullanılmaktadır. L\* koordinatı, rengin açıklık, koyuluk, parlaklık veya siyah/beyaz karakterini belirtmektedir. Saf siyah 0, saf beyaz ise 100 L\* değerini almaktadır. Açık renkteki cisimler daha yüksek L\* değerine sahipken, koyu renkteki cisimlerin L\* değerleri daha düşüktür. a\* ve b\* koordinatları rengin kromatik karakterini göstermektedir. a\* değeri rengin kırmızılık-yeşillik oranını, b\* değeri ise sarılık-mavilik oranını göstermektedir. a\* değeri pozitif ise kırmızılık, negatif ise yeşillik; b\* değeri pozitif ise sarılığı, negatif ise maviliği belirtmektedir (Yılmaz, 2011).

1300 °C pişirilen farklı boyutta kuvars içeren porselen bünyelerin renk dağılımları Konica Minolta–Spectrophotometer CM-700 d marka model L-a-b cihazında ölçülmüş ve renk parametreleri belirlenmiştir Çizelge 4.

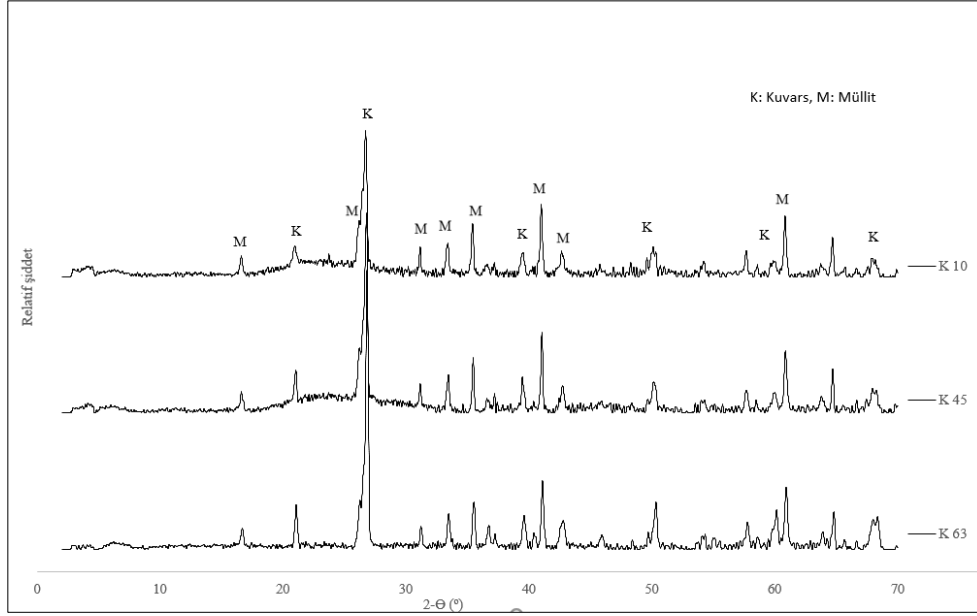
Porselen bünyelerin L\*a\*b\* değerleri incelendiğinde renk değerlerinin bir değişkenlik göstermediği görülmüştür.

**Çizelge 4.** Bünyelerin L\*a\*b\* değerleri

	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
K- 63	87.20	-1.75	0.12
K- 45	87.52	-1.68	0.31
K- 10	87.40	-1.70	0.28

Pişirim sonrasında bünyeler halkalı değirmende öğütülerek toz haline getirilmiştir ve elde edilen tozlar 63 µm altına elenmiştir. Tozların XRD analizi için Rigaku Model diffractometer (Rigaku MiniFlex, CuKα radiation) kullanılarak 2-70° aralığında ve 1°C/dk hızında XRD analizi ile içerdiği fazlar belirlenmiştir. Pişirim sonrasında oluşan fazların miktarsal analizleri Rietveld yöntemine dayalı olarak hesaplama yapan MAUD (Materials Analysis Using Diffraction) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tane boyutunun azalması, yüzey alanının artmasına bağlı olarak tanelerin reaktivitesini arttırmaktadır ve bu nedenle sinterlenme prosesi daha etkin bir şekilde gerçekleşmektedir. Şekil 1’de görülen 1300°C’de pişirilen bünyelerin XRD analiz sonuçlarına göre tüm bünyeler birbirlerine benzer şekilde kuvars, müllit ve cam fazı (amorf faz) içermektedir.



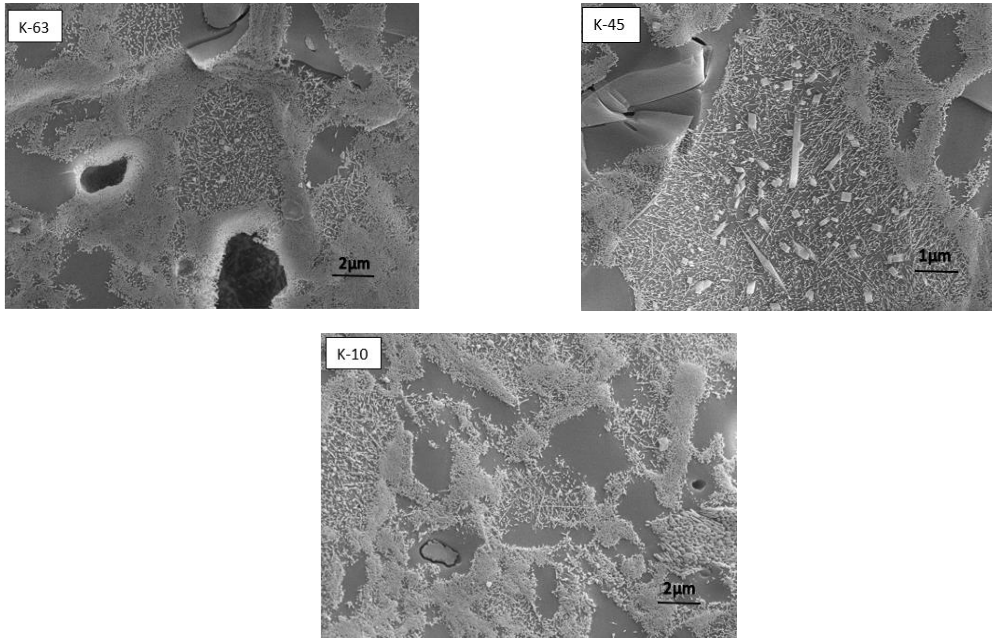
Şekil 1. 1300°C’de pişirilen bünyelerin XRD paternleri

Rietveld analizi; kuvars tane boyutunun azalmasıyla ile müllit miktarında belirgin bir değişiklik gözlenmezken; kalıntı kuvars miktarı azaldığını Çizelge 5’te görülmektedir.

Çizelge 5. MAUD’ la belirlenen miktarsal faz analizi sonuçları

% Ağırlıkça	K-63	K- 45	K-10
<b>Kuvars</b>	13±0.1	10±0.1	8±0.1
<b>Mullit</b>	15±0.2	16±0.2	16±0.2
<b>Camsı faz (Vitreous faz)</b>	72±0.6	74±0.8	76±1

Mikroyapı analizleri için hazırlanan numuneler %5'lik HF çözeltisinde 40 sn. süre ile dağlanmıştır. Analizler SEM, Zeiss Supra 40 VPTM model-Oxford Instruments TM) cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de farklı boyutlarda kuvars içeren 1300 °C'de pişirilmiş numunelerin geri yansıyan elektron görüntüleri verilmiştir.



**Şekil 2.** 1300 °C'de pişirilmiş numunelerin geri yansıyan elektron görüntüleri

Seramik bünyelerin kırılma mukavemetini etkileyen önemli parametrelerden biri mikroyapılarında bulunan porozitedir. Şekil 2'deki SEM analizlerine göre çalışmada tane boyutu azaldıkça cam fazının arttığı ve porozitenin azaldığı görülmektedir.

Müllit fazı, porselen bünyelerin sinterlenme sürecinde bünye kompozisyonlarında bulunan kaolen minerallerinden gelişmektedir. Yapının mukavemeti üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Porselen bünye kompozisyonlarında amorf faz oluşum sınırı müllit faz bölgesinde yer alır, bu nedenle yapıdaki alüminanın fazlası amorf yapıdan müllit olarak kristallenir. Bu bünyelerde birincil ve ikincil olmak üzere iki tip müllit gelişir. Öncelikle birincil müllit kristalleri iyi kristallenmiş kaolenden mül-

lit çekirdeklerinin birikmesiyle iğnemsî şekilde oluşur. 1300 °C’de ikincil müllit kristalleri kalan düzensiz kaolenitten oluşarak eriyik içinde çözünüp tekrar kristaller olarak büyümektedir (Iqbal ve Lee, 2000:3121), (Bragança ve Bergmann, 2006:3761), (Güngör ve Ay, 2018:10611). SEM analizlerine bakıldığında kuvars tane boyutunun azalmasıyla ikincil müllit kristallerin miktarının arttığını ve porların miktarı azaldığını ve por boyutlarının küçüldüğünü görülmektedir.

### 3. Sonuçlar:

Sert porselen bünyesi için yapılan analizlerden kuvars tane boyutunun azalmasıyla camsı faz miktarının ve çözünerek camsı yapıya giren kuvars miktarının arttığını göstermiştir. Bu nedenle, tane boyutunun küçülmesi ile su emme, porozite değerlerinde büyük bir değişiklik meydana gelmemiş, kuru küçülme değerleri azalırken pişme küçülmesi değerleri artmıştır. Bununla birlikte mukavemet değerinin düştüğü belirlenmiştir. Çalışmadaki değerler incelendiğinde kuvars 45 µm kuvars içeren K-45 nolu bünyenin optimum ürün özelliklerinin çalışma şartları için uygun olabileceği düşünülmektedir.

### Kaynaklar

- Arcasoy, A. (1983), “Seramik Teknolojisi”, İstanbul Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ASD Yayınları, No:2.
- Batista, S.A.F. Messer, P.F. Hand, R.J. (2001). “Fracture toughness of bone china and hard porcelain”, British Ceramics Transactions, 10:256–9
- Bragança, S. R. and Bergmann, C. P. (2006). “Effect of Quartz of Fine Particle Size on Porcelain Properties”, Journal of the European Ceramic Society, 26: 3761–3768
- Carty, W.M. Senapati, U. (1998). “Porcelain-Raw Materials, Processing, Phase Evolution, and Mechanical Behavior”, Journal of American Ceramic Society, 81(1): 3–20.
- Cheng, X. Ke, S. Wang, Q. Wang, H. Shui, A. Liu, P. (2012). “Characterization of transparent glaze for single-crystalline anorthite porcelain”, Ceram International, 38: 4901–8.

- Devlet Planlama Teşkilatı (2001). “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı”  
<http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/sanayiha/oik624.pdf>
- Güngör, F. Ay N. (2018). “The effect of particle size of body components on the processing parameters of semi transparent porcelain”, *Ceramics International*, 44:10611–10620.
- Iqbal, Y. Lee, W.E. J. (2000). “Microstructural Evolution in Triaxial Porcelain”, *Journal of American Ceramic Society*, 83(12), 3121–3127.
- Tarhan, B. ve Tarhan, M. (2019). “Çanakkale bölgesi alkali kaynağının seramik sağlık gereçleri bünyesi ısıl ve mikroyapı özellikleri üzerine etkisi”, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10:2: 675-687.
- Tulyaganov, D.U. Agathopoulos, S. Fernandes. H.R. Ferreira, J.M.F. (2006). “Influence of lithium oxide as auxiliary flux on the properties of triaxial porcelain bodies”, *Journal of the European Ceramic Society*, 26: 1131–1139.
- Tunçel, D. Y. ve Özel, E. (2012). "Evaluation of pyroplastic deformation in sanitaryware porcelain bodies", *Ceramics International*, 38: 1399-1407.
- Yılmaz, S.K. (2011). “Farklı Zirkonya Tam Seramik Sistemlerinin Translusensi Ve Renk Özelliklerinin Karşılaştırılması”, *Doktora Tezi*, K.K.T.C. Yakın Doğu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, K.K.T.C.



# ÜRE FORMALDEHİTİN FARKLI MOL ORANLARIYLA ÜRETİLEN HDF LEVHALARININ FİZİKSEL BAZI ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**Osman ÇAMLIBEL**  
Kırıkkale Üniversitesi

**ÖZET:** Bu çalışmada, levha üretim hattında %50 sarı çam (*Pinus sylvestres* L), %30 köknar (*Abies nordmanniana* L), %20 kayın (*Fagus orientalis* L) T1;1.17, T2;0.98 ve T3; 0.88 mol üre-formaldehit tutkalı (ÜF) kullanılarak 7.7mmx2100mmx2440 mm HDF levha üretilmiştir. Proseste üretim parametreleri sabit kalmıştır. Tek değişken üç farklı mol oranlarında kullanılan üre formaldehit tutkalı olmuştur. Sıcak pres parametrelerinden pres hızını 950 mm/sn ve pres sıcaklığını 215°C ve 58 saniye presleme süresi parametrelerinde üretim gerçekleşmiştir. Üretilen HDF levhaların yoğunluğu, yüzey absorpsiyonu, 2 saat suda şişme ve yüzey dayanıklılığına etki performansı araştırılmıştır. Her bir test grubundan beş levha ölçülmüştür. Tüm testler, özgül ağırlığı T1;874 kg/m<sup>3</sup>, T2;881 kg/m<sup>3</sup> ve T3;860 kg/m<sup>3</sup>, suda şişmesi 2 saat minimum T1; %4.24, T2;%4.87 ve T3;%4.19, yüzey absorpsiyonu, T1;343.20 mm, T2;360.80 mm ve T3;283.40 mm, yüzey dayanıklılığı, T1;1.36 N/mm<sup>2</sup>, T2;1.37 N/mm<sup>2</sup>, ve T3;1.22 N/mm<sup>2</sup> ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda, T1;1.17, T2;0.98 ve T3;0.88 mol üre formaldehit kullanarak üretilen HDF levhalarına fiziksel test sonuçlarına göre farklılıklar ortaya konulmuştur. Bu farklılıklar sebebi farklı mol oranlarında kullanılan üre formaldehit tutkalından kaynaklanmaktadır.

**Anathar Kelimeler:** HDF, fiziksel özellikler, üre formaldehit, yüzey mukavemeti.

## Investigation of the Physical Some Properties of HDF Boards Produced with Urea Formaldehyde Different Moles Ratios

**ABSTRACT:** In this study, 50% yellow pine (*Pinus sylvestres* L), 30% fir (*Abies nordmanniana* L), 20% beech (*Fagus orientalis* L) T1;1.17, T2; 0.98 and T3;0.88 moles of urea-formaldehyde glue (UF) using 7.7mmx2100mmx2440 mm HDF board is produced. Production parameters remained constant in the process. The only variable is urea-formaldehyde glue

used in three different molar ratios. According to continuous hot press parameters, the production was realized in the parameters of press speed 950 mm/second and press temperature 215°C and press time and 58 second pressing time. The density, surface absorption, water swelling and surface soundness performance of the produced HDF boards were investigated. Five boards were measured from each test group. According to density of HDF boards T1;874 kg/m<sup>3</sup>, T2;881 kg/m<sup>3</sup>, and T3; 860 kg/m<sup>3</sup>, respectively. Thickness swelling of boards for 2 hours were measured T1;4.24%, T2;4.87% and T3;4.19%, respectively. Surface absorption of boards was measured at T1;343.20 mm, T2;360.80 mm and T3;83.40 mm, respectively. Surface soundness of boards was measured at T1;1.36 N/mm<sup>2</sup>, T2;1.37 N/mm<sup>2</sup>, and T3;1.22 N/mm<sup>2</sup>, respectively. As a result of the study, differences were determined according to the physical effect values of HDF boards produced using T1;1.17, T2;0.98 and T3;0.88 mol urea formaldehyde. These differences are due to urea-formaldehyde glue used in different mole ratios.

**Key words:** HDF, Physical properties, urea formaldehyde, surface soundness,

## 1.GİRİŞ

Amino bazlı reçineler özellikler üre formaldehit reçineleri odun bazlı levha ürünlerini üretimin çok önemli bağlayıcı gurundadır. Yüksek yoğunlukta lif levhalar (HDF) büyük çoğunluğu iç mekanlarda HDF laminant olarak zemin kaplamada kullanılmaktadır. HDF laminantlar iç mekan tasarımların zemin döşemede vazgeçilmez önemli bir üründür. Bu çalışmada HDF levha üretiminde üç farklı mol oranlarında üre formaldehit (Ü:F) reçinesi kullanılmıştır. Üretilen HDF levhalarının bazı fiziksel özellikleri yönüyle araştırılmıştır.

Alpar vd. (2010) yaptıkları çalışmada; MDF/HDF üretim prosesinde kullanılacak ağaç türlerini araştırmak amacıyla; I214 kavak, kavak türleri, kara keçiboyunu, kara çam ağaçları kullanarak laboratuvar ortamında MDF üretmişlerdir. Üretilen levhaların fiziksel ve mekanik testlerini yapmışlardır. Testlerde sadece çekme dışında tüm testler araştırmacıların beklentilerini karşılamıştır. Costa vd. (2013) çalışmasında, yonga levha üretiminde formaldehit gaz emisyonunu azaltmak amacıyla üç farklı formaldehit tutucu (sodyum metabisülfid, amonyum bisülfid) kullanarak ürettikleri yonga levhaların fiziksel, mekanik özelliklerini ve perforatör ve desikatör yöntemiyle formadehit emisyon performansını analiz etmişlerdir. Grigsby vd (2004) yılında yaptıkları çalışmada MDF levhasını oluşturan liflerin dağılımını analiz etmek ve azot içerikli üre formaldehit liflere kaplayarak x ışını foto elektron spektroskopisi

yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışmalarına göre lif yüzeyine kaplanan reçine, parafin içeriği, reçine sprey damlacık boyutu, reçine püskürtme memesinin blowline'daki konumu üzerine çalışmışlardır. Grigsby vd. (2014) üre formaldehit reçinesi ile bağlanmış MDF levhaları soğuk su ile yapılan test işlemi sonunda %40-70 oranında reçine bileşenleri özelliğini kaybettiğini göstermişlerdir.

Grigsby vd. (2014) yaptıkları çalışmada, kürlenmiş reçinenin su ekstraksiyonu ile reçinenin hidrolitik dengesine etkisi araştırılmıştır. MDF üretimi sırasında lif üzerinde çok aktif olan üre formaldehit reçinesi sertleşme sonucunda çapraz bağlı, reçine matriksine eksik katılımların olmasından dolayı ÜF reçinesinin kürlenmesi tamamlanamamaktadır. Araştırmaya göre su ile ekstraksiyonda %50-70 bağlanma kayıpları oluşabilmektedir. Hashim vd. (2009), MDF üretim hattında kavuçuk ağacı liflerine odun kurusu lif ağırlığına oranla %15 üre formaldehit ve yangın geçiktirici (Sodyum alüminat, alüminyum trihidrat ve çinko borat) %10, %15, %20 ve %30 oranlarında kullanılarak üretilen MDF levhalarının fiziksel, mekanik özellikleri ve yangına karşı direnç testleri yönüyle araştırmışlardır. Louis Cyr vd (2008) yaptıkları çalışmada, gerçek ölçekte MDF üretim hattında deneylerini yapmışlardır. Çalışmalarına göre, rafiner ünitesi blowline hattında kırmızı parlak boya ile tutkal liflere püskürtülmüştür. Üre melamin formaldehit reçinesinin lif içindeki dağılımını konforal lazer tarama mikroskobu ile araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda; tutkalın liflere %22.5 oranında homojen kaplandığı görülmüştür. Liflerde kayıp reçine ise lif üzerindeki. Lümen, çukurlar ve çatlaklar aşırı reçineyi absorbe etmesinden dolayı tutkal kayıplarına neden olmuştur.

Mantanis vd. (2018) çalışmalarında avrupa orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve yönlendirilmiş yonga levha (OSB) de kullanılan yapıştırıcı üzerine çalışmışlardır. Araştırmaya göre kullanılan levhaların üretim maliyetini azaltma ve formaldehit gaz emisyonunu azaltma gerekliliğini ifade etmişlerdir. Park ve Jeong (2011) çalışmalarında yüksek mol üre formaldehit reçinesi (F/Ü: 1.6 ile 1.4) ile düşük mol üre formaldehit reçinesi (F/Ü: 1.2 ile 1.0) kürlenmiş üre formaldehit reçinelerinin etki eden faktörleri analiz etmiştir. Çalışmalarına göre; üre formaldehit reçine üretiminde formaldehit katılımı azaldıkça reçinenin amorf ve kristalin bölgesinde hidrolitik denge daha stabil olduğunu ifade etmişlerdir. ÜF reçinenin kürlenme sıcaklığı, kürlenme süresi artıkça kristalin bölge yoğunluğu arttığını gözlemlemişlerdir. Ancak kristalin bölgesinin 2 teta açılarından dolayı sertleşme sıcaklığı, sertleşme süresi, sertleştirici tipi, sertleştirici miktarı bu bölgeye etki etmediği dolayısıyla reçinenin doğal formundan kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Sani ve Enayiti (2020) çalışmalarına göre, endüstriyel odun lifleri ile melamin reçine emdirilmiş kâğıt atıklarının %10, %20, %30

oranlarında karıştırarak ve reçine kuru life oranla %8 ve %10 kullanarak üretilen orta yoğunlukta lif levhaların fiziksel ve mekanik testleri yönüyle araştırmışlardır.

Iosifov vd. (1991) çalışmasında, iğne yapraklı ağaçlar ve ihlamur odunlarının diğer odun türlerinden üretilen levhaların test özellikleri daha iyi performans gösterdiğini ifade etmişlerdir. Yongalevha üretimine uygun olan ağaç türleri 0.40-0.65 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişim gösterdiğini açıklamıştır. Mao vd (2013) araştırmasında, düşük mol içerikli üre formaldehit tutkalın yapısındaki metilen eter gruplarının odun bazlı kompozit levha ürünlerinde formaldehit emisyon etki değeri üzerine çalışmıştır. Yaptığı çalışmanın sonucunda üre formaldehit tutkalında metil eter gruplarının artması formaldehit emisyonun artırma potansiyeli olduğunu ifade etmişlerdir. Eroğlu vd (2000) yaptığı çalışmada, serbest formaldehitin odun bazlı levhalardan açığa çıkma biçimi üzerine çalışma yapmıştır. Çalışmasına göre serbest formaldehit, ilk sıcak preslemeden sonra ikincisi kullanım yerlerinde açığa çıktığını açıklamıştır.

Son yıllarda Türkiye'de HDF levha üretimi Avrupa'da birinci sırada yer almaktadır. 2018 yılında MDF üretimi yaklaşık 4.355 milyon m<sup>3</sup>/yıl olmuştur. Ancak bu rakam dünyada yaklaşık 124.118.601 m<sup>3</sup>/yıl üretim gerçekleşmiştir. (URL-1). Bu çalışmada, HDF üretiminde üç farklı mol oranlarında levhalar üretilmiştir.HDF üretiminde diğer değişken parametreler sabit kalarak, sadece farklı mol oranlarında üretilen üre formaldehit tutkaları üretimde kullanılmıştır. Üretilen levhaların bazı fiziksel performansları araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda üretilen HDF levhaların TS EN standartların belirlediği bazı fiziksel testlerin belirlediği kriterleri içinde ölçüm sonuçları yer almıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Bu çalışmada; %50 sarı çam (*Pinus sylvestres* L), %30 göknar (*Abies nordmanniana* L), %20 kayın (*Fagus orientalis* L) kullanılmıştır. Bu odunlar Kastamonu bölgesinden kastamonu organize sanayi bölgesinde özel bir MDF üretim tesisine getirilmiştir.

### Tutkal

Üre formaldehit tutkalları Kastamonu Tutkal Üretim Tesisleri'nde üretilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan üre formaldehitin reçinesinin kimyasal analiz değerleri;

1.17 mol üretilen tutkalın özellikleri;

- Katı madde: 63±1
- Üre-Formaldenit mol oranı: 1.17
- Yoğunluk (20 °C g/cm<sup>3</sup>):1.227
- Viskosite (25 °C cps) :20-35 sn
- Gel time (100 °C) (20% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>): 20-45 sn
- pH: 7- 8.5
- Serbest formaldehit: %0.20 max
- Methylol groups %12-15
- Raf ömrü: 75 gün

Kastamonu tutkal üretim tesisinde 0.98 mol üretilen tutkalın özellikleri;

- Katı madde: 58±1
- Üre-Formaldenit mol oranı: 0.98
- Yoğunluk (20 °C g/cm<sup>3</sup>):1.227
- Viskosite (25 °C cps) :15-35 sn
- Gel time (100 °C) (20% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>): 20-60 sn
- pH: 7- 8.5
- Serbest formaldehit: %0.18 max
- Methylol groups %12-15
- Raf ömrü: 75 gün

Kastamonu tutkal üretim tesisinde 0.88 mol üretilen tutkalın özellikleri;

- Katı madde: 58±1
- Üre-Formaldenit mol oranı: 0.88
- Yoğunluk (20 °C g/cm<sup>3</sup>):1.227
- Viskosite (25 °C cps) :15-35 sn
- Gel time (100 °C) (20% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>): 30-75 sn
- pH: 7- 8.5
- Serbest formaldehit: %0.15 max
- Methylol groups %12-15
- Raf ömrü: 75 gün

### Sertleştirici

Üre formaldehit tutkalını sertleştirilmesinde katalizör olarak amonyum sülfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  kullanılmıştır. İstanbul'dan özel bir firmadan tedarik edilmiştir.

Kullanılan katalizör %20'lik amonyum sülfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  solüsyondur.

%20'lik çözelti özellikleri

- Yoğunluğu; 0.95 gr/cm<sup>3</sup>
- pH: 6.5'dir.

### Parafin

Parafin rengi kirli beyaz sıvıdır. Denizli ilinden faaliyet gösteren özel bir işletmeden tedarik edilmiştir.

- Katı madde: %60
- pH: 9-10
- Vizkosite: 13-23 sn
- Yoğunluğu:0.96 gr/cm<sup>3</sup>

### Üretim parametreleri

Bu çalışmada uygulana yöntem Çizelge 1'de gösterilmiştir. Üç farklı 1.17, 0.98 ve 0.88 mol üre-formaldehit tutkalı (ÜF) kullanılmıştır. Test grubundaki levhalar T sembolü ile ifade edilmiştir. Bu çalışmada deneme levhalar Kastamonu Entegre Ağaç san. Tic AŞ Kastamonu MDF Tesislerinde üretim yapılmıştır. Çizelge 1'de gösterilen T1; 1.17 mol üre formaldehit deneyini, T2; 0.98 mol üre formaldehit deneyini, T3; 0.88 mol üre formaldehit deneyini ifade etmektedir.

**Çizelge 1:** HDF üretim sürekli sıcak pres parametreleri

Testler	Üre Formaldehit Mol Oranı (Ü: F)	Tutkal Life Göre Tüketim (%)	Parafin Life Göre Tüketim (%)	Pres Süresi (sn)	Pres Sıcaklığı (°C)	Pres Hızı (mm/sn)	Levha Ölçüleri (mm)
T1	1.17	% 11	% 1.35	58	215	950	7.7x2100x2440
T2	0.98	% 11	% 1.35	58	215	950	7.7x2100x2440
T3	0.88	% 11	% 1.35	58	215	950	7.7x2100x2440

### **HDF levhalarının Üretimi**

İlk olarak, sert ağaç ve yumuşak ağaç türleri Batı Karadeniz ormanlarından getirildi. MDF üretiminde, çam, kayın ve köknar odunları hammadde olarak kullanılmış ve daha sonra bu türler yongalanmıştır. Üretim parametrelerine göre tek tek silolarda depolanmıştır. Cipsler, Andritz defibrilatöründe 8.3 bar buhar basıncı içinde 186°C'de 3.5 dakika pişirildi. Reçineler ve diğer kimyasallar tutkal fabrikasında hazırlandı. HDF üretim hattındaki kimyasal tank depolarına sevk edildi. Bu çalışmada kullanılan 1.17 mol üre formaldehit tutkalı, 0.98 mol üre formaldehit tutkalı ve 0.88 mol üre formaldehit tutkalı ayrı ayrı tanklarda depolanmıştır. Daha sonra tanklarda depo edilen sıvı parafin, amonyum sülfat ve üre formaldehit üretim parametrelerine göre sırasıyla defibratör tarafından liflendirilmiş liflere blowline hattında üretime verilmiştir. Üre formaldehit kuru lif ağırlığına göre %11 oranında verilmiştir. Sertleştirici olarak amonyum sülfat kuru life ağırlıkça %0.72 kullanıldı. Parafin, kuru life ağırlıkça %1.35 olarak ilave edildi. Lifler kurutucuda %12 rutubete kadar kurutulmuştur. HDF levhalar sürekli sıcak preste üretilmiştir. Sürekli sıcak pres parametreleri; 215°C presleme hızı yaklaşık 950 mm/sn, pres faktörü yaklaşık 8.50 sn/mm presleme süresi boyunca uygulanmıştır. Levhaların boyutları 2100x2440X7.7 mm boyutlarında kesilmiştir. Daha sonra, levhalar 5 gün boyunca ön depolamada dinlendirildi. Levhalar burada iklimlendirildi. Bu işlemden sonra panellerin üst ve alt yüzeyleri 40, 80, 120 kum zımpara kâğıdı ile zımparalandı.

Levhalar 20±2 ve %65±5 bağıl nem (RH) koşullarında TS 642-ISO 554 (1997) standardına göre kondisyonlanmıştır. Testler üç farklı kademede Çizelge 1 parametrelerine göre üretilmiştir. HDF levhalar T1 (874 kg/m<sup>3</sup>), T2 (881 kg/m<sup>3</sup>) ve T3 (860 kg/m<sup>3</sup>) hedef yoğunluğunda 7.7mmx2100mmx2440 mm boyutlarında sürekli sıcak preste üretilmiştir. Bu çalışmada HDF levhaların yoğunluğuna, yüzey absorpsiyonuna, iki saat suda şişme yüzdesine ve yüzey dayanıklılığı performans testleri yapılmıştır.

### **Test metodları ve istatistiksel değerlendirme**

Fiziksel özellikler EN 622 5 (2006) 'ya göre test edilmiştir. Levhalara uygulanan kondisyonlama standart TS 642-ISO 554 (1997)'e göre, ahşap lif levhalar, tarif ve sınıflandırma TS-EN 309 (1999)'e göre, HDF levhalarını yoğunluğu EN 323 (1999) 'a göre, kalınlığına şişmesi (ThS, 2 saat) özellikleri TS EN 317 standardına göre, levhaların yüzey yoğunluğu TS EN 311'e göre ve yüzey absorpsiyonu TS EN 382/1 standardına göre test edilmiştir. Deney numunelerini ölçerken 0.01 mm duyarlı

dijital mikrometre kullanılmıştır. Testlerde İmal IB700 laboratuvar test cihazı kullanılmıştır. Verilen istatistiksel analizde SSPS 22 paket programından yararlanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. ANOVA’da farklıların tespit edilmesi için Post hoc testlerinden Duncan testi ile farklılıklar araştırılmıştır. Sonuçlar  $p<0.05$ 'te istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Bu testlerde 60 adet ölçüm yapılmıştır. Veriler ANOVA’nın yapılabilmesi için gerekli şartları sağlamıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen fiziksel özelliklere ait bulgular Çizelge 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2:** HDF levhaların fiziksel testlerinin performans sonuçları

Testler	Levhalar	Ort. <sup>x</sup>	Std. Sapma	Std. Hata	Ortalama için %95 Güven Aralığı		Minimum	Maximum
					Alt Sınır	Üst sınır		
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	T1	874.2 <sup>b</sup>	3.77	1.69	869.52	878.88	868.00	878.00
	T2	881.2 <sup>c</sup>	5.97	2.67	873.78	888.62	871.00	886.00
	T3	860.8 <sup>a</sup>	4.82	2.15	854.82	866.78	854.00	866.00
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm <sup>2</sup> )	T1	1.35 <sup>b</sup>	0.02	0.01	1.33	1.39	1.34	1.40
	T2	1.36 <sup>b</sup>	0.03	0.01	1.33	1.40	1.32	1.39
	T3	1.11 <sup>a</sup>	0.08	0.03	1.02	1.21	1.02	1.22
Yüzey Absorpsiyonu (mm)	T1	343.2 <sup>b</sup>	7.76	3.47	333.57	352.83	333.00	353.00
	T2	360.8 <sup>c</sup>	15.27	6.83	341.84	379.76	340.00	380.00
	T3	283.4 <sup>a</sup>	13.87	6.20	266.18	300.62	263.00	298.00
Su Şişme (2 saat)	T1	4.24 <sup>a</sup>	0.06	0.03	4.17	4.31	4.18	4.33
	T2	4.86 <sup>b</sup>	0.07	0.03	4.78	4.96	4.77	4.97
	T3	4.18 <sup>a</sup>	0.05	0.02	4.13	4.25	4.10	4.22

\*Ortalama ANOVA için% 95 güven aralığı. a, b, c harfleri aynı harfle anlamlı olarak farklı değildir (Duncan testi).

Yoğunluk değerleri Çizelge 2’de gösterilmiştir. T1 levhasında yoğunluğu 874.2 kg/m<sup>3</sup> ölçülmüştür. T2 levhasının yoğunluğu 881.2 kg/m<sup>3</sup> ve T3 levhasının yoğunluğu 860.8 kg/m<sup>3</sup> ölçülmüştür. Testlerdeki HDF levhaların yoğunlukları birbirine yakın ölçülmüştür. Çizelge 2’ye göre istatistiki ANOVA (Duncan) test hesaplama sonucunda T1, T2 ve T3 arasında anlamlı anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu farklılık HDF üretimi esnasında ağaç türü, levhanın özgül kütlesi, odun yongaların geometrisi, tutkalın özellikleri, tutkalın üre ve formaldehit mol oranı, sertleştiricini özellikleri, tutkalın jelleşme süresi, sermenin homojenliği, pres sıcaklığı, pres süresi, pres basıncı ile bağlantılı olduğu görülmektedir. T1 levhası T2 levhasına göre yoğunluğu %0.79 azalırken T3 lehasının yoğunluğuna göre %1.56 yoğunluğu fazla ölçülmüştür.

2 saat suda şişme değerleri Çizelge 2’de gösterilmiştir. T1 levhasında suda şişme değeri %4.24 ölçülmüştür. T2 levhasının suda şişme değeri %4.86 ve T3 levhasının suda şişme değeri %4.18 ölçülmüştür. Çizelge 1’e göre üretim parametreleri sabit kalırken sadece üretimde kullanılan üre formaldehit tutkalın mol oranı değişmiştir. Levhanın iki saat suda şişme performansına en iyi sonuç T3; 0.88 mol üre formaldehit testinde gerçekleşmiştir. T2; 0.98 mol üre formaldehitten üretilen HDF levhaların suda şişme performansı en kötü sonuç göstermiştir. Çizelge 2’ye göre istatistiki ANOVA (Duncan) test hesaplama sonucunda (T1, T3) ve T2 aralarında anlamlı bir farklılık bulunmuştur. T1 ve T3 arasında anlamlı bir farklılık yok iken T2’de anlamlı farklılık bulunmuştur. Testlerdeki HDF levhaların suda şişme değeri TS EN 317 (1999)’a göre yapılmıştır. T1 levhası T2 levhasına göre 2 saat suda şişme değeri %12.82 oranında daha aza şişme gerçekleştirirken T3 levhasının göre 2 saat suda şişme değeri %1.29 daha fazla suda şişme gerçekleştirmiştir.

HDF levhalarının yüzey dayanımı Çizelge 1’de gösterilmiştir. T1 levhasında yüzey dayanımı T1; 1.35 N/mm<sup>2</sup> ölçülmüştür. T2 levhasının yüzey dayanımı T2; 1.36 N/mm<sup>2</sup> ve T3 levhasının yüzey dayanımı T3;1.11 N/mm<sup>2</sup> ölçülmüştür. Çizelge 1’e göre üretim parametreleri sabit kalırken sadece üretimde kullanılan üre formaldehit tutkalın mol oranı değişmiştir. HDF levhanın yüzey dayanımı performansına en iyi sonuç T2; 1.36 N/mm<sup>2</sup> mol üre formaldehit tutkalı ile üretilen levha testinde gerçekleşmiştir. En düşük levha yüzey dayanım performansı T3; 1.11 N/mm<sup>2</sup> test edilmişti. Çizelge 2’ye göre istatistiki ANOVA (Duncan) test hesaplama sonucunda (T1, T2) ve T3 aralarında anlamlı bir farklılık bulunmuştur. T1 ve T2 arasında anlamlı bir farklılık yok iken T3’de anlamlı farklılık bulunmuştur. T1 levhası T2 levhasına göre yüzey dayanımı %0.73 oranında daha kötü performans gösterirken T3 levhasının göre yüzey dayanımı %21.47 daha iyi performans göstermiştir.

Levhalarının yüzey absorpsiyonu Çizelge 1’de gösterilmiştir. T1 levhasında yüzey absorpsiyonu 343.2 mm ölçülmüştür. T2 levhasının yüzey absorpsiyonu 360.8 mm ve T3 levhasının yüzey 283.4 mm ölçülmüştür. HDF levhanın yüzey absorpsiyonu performansına en iyi sonuç T2; 360.8 mm mol üre formaldehit ile üretilen levha testinde gerçekleşmiştir. En düşük levha yüzey absorpsiyonu performansı T3;283.4 mm test edilmişti. Çizelge 2’ye göre istatistiki ANOVA (Duncan) test hesaplama sonucunda T1, T2, T3 aralarında anlamlı bir farklılık bulunmuştur. T1 levhası T2 levhasına göre yüzey absorpsiyonu %4.88 oranında daha kötü performans gösterirken T3 levhasının göre yüzey absorpsiyonu %21.10 çok daha iyi performans göstermiştir. HDF levhalarında yüzey absorpsiyonu etkiyen faktörler odun türüne, tutkal türüne ve presleme parametrelerine göre değişmektedir.

#### **4. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada; HDF üretim prosesinde tüm parametreler aynı olmasına rağmen, üretiminde tek değişken üre formaldehit tutkalın mol oranlarında olmuştur. Tutkalın mol oranı azaldıkça levhaların fiziksel testlerde; yüzey absorpsiyonu, suda şişme ve yüzey dayanıklılığı test performansı azalmıştır. Özellikler T3 levhasının test sonuçları T1 ve T2’ye göre en düşük performans göstermiştir. T2 levhası özellikle yüzey dayanımı ve yüzey absorpsiyonunda en iyi performans sergilemiştir. Fakat iki saat suda şişme en kötü performans göstermiştir. Test sonuçlarına göre 0.98 mol üre formaldehit tutkalından üretilen levhaların testleri sonuçları en iyi olmasından dolayı HDF üretiminde bu tutkal önerilebilir.

#### **TEŞEKKÜR**

Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi Tic. A.Ş, Kastamonu-Samsun Fabrikalar Direktörü Enüs KOÇ’a, Tutkal üretim müdürü Uğur ÇELİK’e yardımlarından dolayı teşekkür ediyorum.

## KAYNAKLAR

- Alpar, T., Faczan, T., Racz, I., Katoli, G. (2010). MDF/HDF Production from Plantation Wood Species. *Drvna Industrija*, 61 (3) 183-191.
- Costa, N. A., Pereira, J., Ferra, J., Cruz, P., Martins, J., Magalhães, F. D., Mendes, A., Carvalho, L. H. (2013). Scavengers for achieving zero formaldehyde emission of wood-based panels. *Wood Science and Technology*, 47, 1261–1272.
- Eroğlu H, Usta M, (2000) Lif Levha Üretim Teknolojisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 200, Fakülte Yayın No: 30, Trabzon, s. 351
- Hashim, R., Sulaiman, O., Kumar, R.N., Tamyez, P. F., Murphy, R.J., Ali, Z. (2009). Physical and mechanical properties of flame-retardant urea formaldehyde medium density fiberboard. *Journal of Materials Processing Technology*. Volume 209, Issue 2, Pages 635-640. <https://doi.org/10.1016/j.jmatproc.2008.02.036>
- Grigsby, W., McDonald, A. G., Thumm, A., Loxton, C. (2004). X-ray photoelectron spectroscopy determination of urea formaldehyde resin coverage on MDF fibre. *Holz als Roh- und Werkstoff: European Journal of Wood and Wood Industries*. 62(5):358-364
- Grigsby, W. J., Thumm, A., Carpenter, J. E.P., Hati, N. (2014). Investigating the extent of urea formaldehyde resin cure in medium density fibreboard: Characterisation of extractable resin components. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. Vol: 50, Pages 50-56. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2013.12.020>
- Grigsby, W. J., Carpenter, J. E.P., Sargent, R. (2014). Investigating the Extent of Urea Formaldehyde Resin Cure in Medium Density Fiberboard: Resin Extractability and Fiber Effects. *Journal of Wood Chemistry and Technology* Vol; 34, Issue 3, <https://doi.org/10.1080/02773813.2013.861850>
- Iosifov N, Vlcheva L, Ganev S, (1991) The effect of the wood species on the physical and mechanical properties of particleboards, *Nauka-za-Gorata*, 28: 1, 87-92; 7 ref.
- Louis Cyr, P., Riedl, B., Wang, X, M. (2008). Investigation of Urea-Melamine-Formaldehyde (UMF) resin penetration in Medium-Density Fiberboard (MDF) by High Resolution Confocal Laser Scanning Microscopy. *Holz als Roh- und Werkstoff: European Journal of Wood and Wood Products*. 66(2):129-134
- Mantanis, G. I., Athanassiadou, E. T., Barbu, M. C., Wijnendaele, K. (2018). Adhesive systems used in the European particleboard MDF and OSB industries \*.

- Wood Material Science & Engineering*, Vol. 13 Issue 2, pages;104-116, 13p; DOI:10.1080/17480272.2017.1396622.
- Mao A, Kim MG, (2013) Low mole ratio urea–melamine–formaldehyde resins entailing increased methylene-ether group contents and their formaldehyde emission potentials of wood composite boards. *BioResources*, 8 (3): 4659-4675.
- Sani, F. R., Enayiti, A. A. (2020). Reduced use of urea-formaldehyde resin and press time due to the use of melamine resin-impregnated paper waste in MDF. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*. vol. 17, pages100–105
- Park, B. D., Jeong, H. W. (2011). Hydrolytic stability and crystallinity of cured urea-formaldehyde resin adhesives with different formaldehyde/urea mole ratios. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 31(6): 524–529. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2011.05.001
- TS EN 309 (1999). Ahşap yonga levha -tarifler ve sınıflandırmalar.
- TS EN 311 (1999). Ahşap esaslı levhalarda- yüzey sağlamlığı- deney metodu.
- TS-EN 316 (2011). Odundan mamul lif levhalar-tarifler, sınıflandırma ve semboller. TSE, Ankara.
- TS-EN 317 (1999). Yonga levhalar ve lif levhalar-su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. TSE, Ankara.
- TS-EN 323 (1999). Ahşap esaslı levhalar-birim hacim ağırlığının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 324-1 (1999). Ahşap esaslı levhalar-levha boyutlarının tayini-bölüm 1: kalınlık, genişlik ve uzunluğun tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 325 (2008). Ahşap esaslı levhalar-deney numunelerinin boyutlarının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 326-1 (1999). Ahşap esaslı levhalar-numune alma kesme ve muayene bölüm 1: deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi. TSE, Ankara.
- TS 642 ISO 554 (1997). Kondisyonlama ve/veya deney için standart atmosferler-Özellikler. TSE, Ankara.
- TS EN 622-5 (2006). Lif levhalar özellikler-bölüm 1: genel özellikler. TSE, Ankara.
- TS EN 382-1 (1999). Lif levhalar, yüzey absorpsiyonu tayini; Bölüm 1: Kuru metotla ilgili lif levhalarda deney metodu.

# KEÇİLERDE VERİM ÖZELLİKLER

**Mehmet SARAÇOĞLU**

**Dr. Öğr. Üyesi Selahaddin KİRAZ**

Harran Üniversitesi

**Nurcan KIRAR**

**ÖZET:** Keçi yetiştiriciliği, değişik çevre koşullarına kısa sürede uyum göstermesi ve ilk evcilleştirilen hayvan türlerinden biri olması nedeniyle tarih boyunca önemini korumuştur. Gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde gerek doğa koşullarının gerekse sosyoekonomik koşulların yetersizliği nedeniyle insanların vazgeçilmez ve geleneksel üretim aracı haline gelmiştir. Özellikle tropikal bölgelerdeki halkın besin ihtiyaçlarının karşılanmasında keçinin özel bir yeri vardır. Diğer çiftlik hayvanlarına göre keçi türlerinin ekstantif yetiştiriciliğe daha uygun olmasından dolayı dünyadaki keçi popülasyonunun yaklaşık %90'ına geri kalmış ülkeler sahiptir. Özellikle dağlık, fundalık ve taşlık alanların verimli kullanılması ile et, süt, kıl ve tiftik gibi ürünlerin elde edilmesi keçilerin insanlar için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Nitekim, keçi yetiştiriciliğinin yaygın olarak yapıldığı ülkelerde, keçi ürünlerinin toplam hayvansal üretimdeki payı önemlidir. Günümüz dünyasında küçükbaş ve büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde damızlık olarak kullanılacak genotiplerde en önemli özellik süt, et ve döl verimidir. Keçiler her ne kadar süt verimi ile ön plana çıksa da hemen hemen bütün ürünlerinin değerlendirilebildiği çok yönlü bir çiftlik hayvanıdır. Bütün çiftlik hayvanlarında olduğu gibi keçilerde de doğumdan sonra mümkün olduğu kadar kısa zamanda büyümesi ve en kısa zamanda tüm ürünlerin elde edilmesi verimli bir hayvancılık için oldukça önemlidir. Keçilerdeki verimi arttırmak için üniversiteler ve araştırma enstitüleri gibi kurumlar tarafından melezleme çalışmaları yapılmaktadır. Ancak bu bilimsel çalışmalar neticesinde elde edilen hayvanlar ya halk eline ulaşmamış ya da ulaştırılan hayvanlar yetiştiriciler tarafından benimsenememiştir ve uyum sorunları ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan keçilerden elde edilen kıl, süt, et gibi ürünlere ait verilerin doğru belirlenmesi, bu ürünlerin çoğunun öz tüketime ayrılması nedeniyle oldukça güçtür.

**Anahtar Kelimeler:** Verim, ölçüm, keçi, genotip.

### Yield Characteristics in Goats

**ABSTRACT:** Goat breeding has preserved its importance throughout history due to its adaptation to different environmental conditions in a short time and being one of the first domesticated animal species. It has become an indispensable and traditional means of production for people in undeveloped and developing countries due to the inadequacy of both natural conditions and socioeconomic conditions. Due to the fact that goat species are more suitable for extractive breeding compared to other farm animals, undeveloped countries have about 90% of the goat population in the world. Obtaining products such as meat, milk, hair and mohair, especially thanks to the efficient use of mountainous, heathland and stony areas, shows how important goats are for humans. As a matter of fact, the share of goat products in total animal production is important in countries where goat breeding is common. Today, the most important feature of the genotypes to be used as breeding in ovine and bovine breeding is milk, meat and fertility. Although goats stand out with their milk yield, they are a versatile farm animal where almost all of their products can be evaluated. As with all farm animals, it is very important for an efficient animal husbandry to goats grow as soon as possible after birth and to obtain all the products as soon as possible. In order to increase the productivity of goats, crossbreeding studies are carried out by corporations such as universities and research institutes. However, the animals obtained as a result of these scientific studies either could not reach the hands of the public or the animals experienced adaptation problems. On the other hand, determining the data on products such as hair, milk and meat obtained from goats is very difficult because most of these products are reserved for self consumption.

**Keywords:** Yield, measurement, goat, genotype.

## 1. GİRİŞ

Keçi, farklı çevre koşullarına oldukça kısa sürede uyum sağlayabilmesi ve ilk evcilleştirilen çiftlik hayvanlarından biri olması nedeniyle insanlık tarihinde önemli bir yer edinmiştir. Özellikle tropikal alanlarda yaşayan insanlar için besin kaynağı olması yönüyle değer kazanmıştır. Keçi yetiştiriciliği geri kalmış ve halihazırda gelişmekte olan ülkelerde yetersiz sosyoekonomik ve doğa şartlarda üreticiler için vazgeçilmez olmasının yanı sıra geleneksel bir üretim türü haline gelmiştir (Özcan, 1989). Keçiler genel itibariyle süt verimi ile ön plana çıkan, fakat elde edilen bütün ürünlerinin değerlendirilebildiği çok verim yönlü bir hayvandır (Koşum ve ark., 2005).

Hayvansal üretimde genel olarak; hayvansal proteindeki açığın giderilmesi, elde edilen hammaddelerin sanayide kullanılması ve bununla birlikte hem hizmet sektöründe hem de sanayide istihdamın sağlanması, ülkeye döviz girişinin arttırılması, kırsal bölgelerdeki işsizlik açığının kapatılması ve bölge-sektör dengesinin sağlanarak kalkınma finansmanına kaynak sağlanması gibi konular düşünüldüğünde ülkeler için üzerinde önemle durulması gereken önemli bir sektör konumundadır. Bu şekilde geniş açıdan bakıldığında hayvansal üretimin geleceği için analiz ve sentezlere dayandırılarak yapılacak çalışmalar ülkemiz için elzemdir (Bolat, 2006). Diğer bir taraftan keçi yetiştiriciliği, kırsal kesimlerde yaşayan insanlar için özellikle aile işletmeleri için önemli bir yere sahiptir. Bölgenin coğrafik özelliklerine bağlı olarak Türkiye doğal kaynaklarının özellikle çayır ve mera bölgelerinin küçükbaş hayvanlar için uygun olması ve o bölgelerde yaşayanların geleneksel tüketim alışkanlıkları nedeniyle keçi ve koyun yetiştirme eğilimi daha fazladır (Dellal ve ark., 2002). Hali hazırda Türkiye’de keçi yetiştiriciliği yoğun olarak Ege bölgesi, Akdeniz bölgesi ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde yapılmaktadır. Ülke genelinde en yaygın yetiştiriciliği yapılan keçi ırkı Kıl keçisi olmakla birlikte, son yıllarda yarı entansif veya entansif koşullarda yetiştirilen saf ya da melez Saanen keçisi sürüleri, özellikle Ege ve Marmara bölgelerinde görülebilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerinde yer almamakla birlikte, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Akdeniz bölgelerinde Kilis keçisi ve az sayıda Damaskus (Şam) keçisi de yetiştirilmektedir (Keskin, 2000; Özdemir ve Keskin, 2018).

Türkiye’deki küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde, çevresel ve genetik nedenlerden dolayı hayvan başına istenilen verim elde edilememektedir. Buna bağlı olarak küçükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılan işletmeler yeterince büyük olmamasının yanında oldukça dağınık bir şekildedir ve teknolojiye dayalı yeni üretim tekniklerinin kullanımı yok denecek kadar azdır. Ayrıca, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki terör eylemlerinin yanında ülkeye kaçak yollardan sokulan hayvan girişleri nedeniyle küçükbaş hayvan yetiştiriciliğini olumsuz bir şekilde etkilemektedir (Kaymakçı ve ark., 2005). Türkiye’de farklı keçi ırkları ve bunlardan elde edilen melez ırklar bulunmasına rağmen en fazla yetiştiriciliği yapılan ırk %96,4 ile Kıl keçisidir. Kıl keçisi ülkenin her bölgesinde bulunmasıyla birlikte, çalılık bölgelerde ve denize yakın ormanlık alanlarda daha çok bulunmaktadır (Özder, 1997).

Günümüz dünyasında küçükbaş ve büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde damızlık olarak kullanılacak genotiplerde en önemli özellik süt, et ve döl verimidir. Keçiler her ne kadar süt verimi ile ön plana çıksa da hemen hemen bütün ürünlerinin değerlendirilebildiği çok yönlü bir çiftlik hayvanıdır. Bütün çiftlik hayvanlarında olduğu gibi keçilerde de doğumdan sonra mümkün olduğu kadar kısa zamanda büyümesi ve

en kısa zamanda tüm ürünlerin elde edilmesi verimli bir hayvancılık için oldukça önemlidir. Keçilerdeki verimi arttırmak için üniversiteler ve araştırma enstitüleri gibi kurumlar tarafından melezleme çalışmaları yapılmaktadır. Ancak bu bilimsel çalışmalar neticesinde elde edilen hayvanlar ya halk eline ulaşamamış ya da ulaştırılan hayvanlar yetiştiriciler tarafından benimsenememiştir ve uyum sorunları ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan keçilerden elde edilen kıl, süt, et gibi ürünlere ait verilerin doğru belirlenmesi, bu ürünlerin çoğunun öz tüketime ayrılması nedeniyle oldukça güçtür.

**Tablo 1.** Yıllara Göre Keçi Varlığı (FAO, 2020)

<b>Bölge</b>						
<b>Yıl</b>	<b>Türkiye</b>	<b>Avrupa</b>	<b>Asya</b>	<b>Afrika</b>	<b>Amerika</b>	<b>Dünya</b>
<b>2010</b>	5,128,285	17,501,497	510,818,344	348,911,827	37,040,821	918,189,481
<b>2011</b>	6,293,233	17,396,018	517,441,123	356,512,394	37,201,412	932,460,762
<b>2012</b>	7,277,953	17,258,714	522,121,653	372,825,227	35,527,056	951,697,571
<b>2013</b>	8,357,286	17,262,152	524,305,300	389,093,751	35,582,396	970,199,209
<b>2014</b>	9,225,548	17,060,801	530,912,317	397,094,624	35,509,059	984,571,048
<b>2015</b>	10,344,936	16,926,889	537,683,456	401,894,499	37,153,058	997,666,193
<b>2016</b>	10,416,166	17,045,697	548,178,161	415,132,169	37,279,455	1,021,738,193
<b>2017</b>	10,345,299	16,995,490	544,173,571	426,257,039	37,868,776	1,029,333,361
<b>2018</b>	<b>10,634,672</b>	<b>16,818,666</b>	<b>548,883,040</b>	<b>438,110,974</b>	<b>38,050,437</b>	<b>1,045,915,764</b>

## 2. DÖL VERİMİ

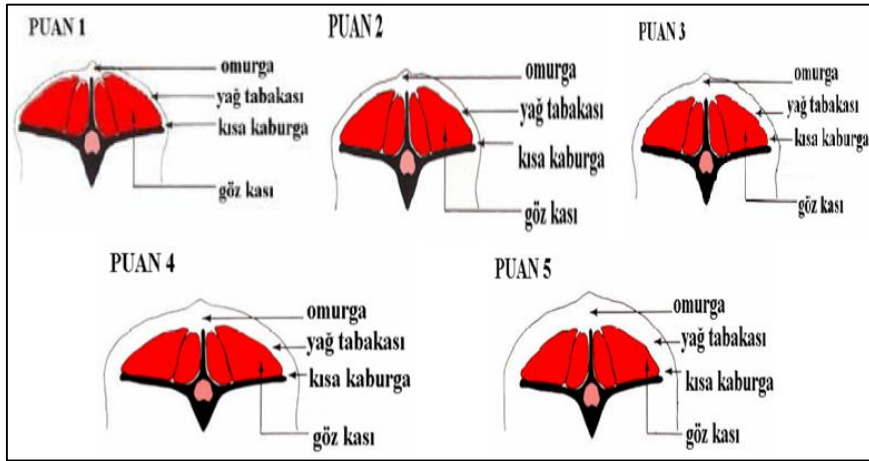
Hayvan yetiştiriciliğinde üreme veriminin her zaman yüksek seviyede olması istenir. Üreme verimi ve üreme özellikleri yapılacak ıslah çalışmalarında başarıyı etkileyen faktörlerin başında gelir. Yetiştiricilikte yüksek başarı oranı isteniyorsa üreme özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Keçilerde ve koyunlarda öst-rüs, gebelik ve doğum oranları üreme özellikleri açısından oldukça önemli yer kaplamaktadır. (Akçapınar ve Kadak, 1982). Ülkemizde keçiler çeşitli nedenlerden dolayı her mevsimde kızgınlık göstermezler. Keçilerde tıpkı koyunlar gibi mevsime bağlı poliöstrik hayvanlar gurubundadır (Kaymakçı ve Aşkın, 1997). Diğer bir deyişle, bir dönem boyunca birden çok kızgınlık durumu görülebilir. Keçilerde kızgınlığın meydana gelmesinde sıcaklığın düşmesi, otların kuruması, günlerin kısılması gibi faktörler etkili olabilmektedir. Üreme döneminin başlangıcını ve süresini etkileyebilen faktörler, coğrafi konum, sosyal yapı, ırk ve fotoperiyod örnek olarak verilebilir. Diğer çiftlik hayvanlarında da keçi yetiştiriciliğinde de öncelikli hedef kâr sağlamaktır. Bu yüzden döl veriminin makul ölçüde iyileştirilmesi elzemdir. Döl veriminin iyileştirilmesi sürü devamlılığını sağladığı gibi, seleksiyonda ve ayıklama işlemlerinde de etkinliği arttırmaktadır (Akçapınar, 1994). Keçilerde gebelik süresi, 144-157 gün arasında değişebilmektedir. Gebelik döneminde, keçilerin bakım, yönetim ve beslenmelerine azami ölçüde dikkat edilmelidir. Yapılan çalışmalarda tür içinde doğum ağırlıkları daha yüksek olan yavruların diğerlerine oranla yaşama güçlerinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Hayvanlar verim yönlü ele alındığında döl verimini etkileyen en önemli etkenlerden birinin vücut yağ oranının olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle söz konusu çiftlik hayvanlarında maliyeti ciddi bir şekilde etkileyen döl veriminin maksimum seviyede tutulması için uygun bir vücut kondisyon puanına ihtiyaç vardır. Sürü içerisindeki döl verimini arttırmak için yapılacak çalışmalar vücut kondisyon puanına göre şekillendirilerek yapılması verimin daha yüksek olmasını sağlayabilir. Bu durumda döl verimi açısından yapılacak seleksiyon çalışmaları vücut kondisyon puanıyla beraber ele alındığı takdirde rantabilitenin yüksek olmasına olanak sağlayacaktır. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre döl verimi ve vücut kondisyon puanı arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir. Buna göre koç veya teke katılımı öncesi yapılan seçimlerde uygun vücut kondisyonuna sahip hayvanlardaki döl veriminin diğer hayvanlara göre daha iyi bir performans gösterdiği saptanmıştır (Biçer, 1991).

Keskin ve Tüney (2015) Kilis keçilerinde yaptıkları çalışmada, özellikle gebeliğin doksanıncı gününde vücut kondisyon puanları ile döl verimi arasında bir ilişki

arandığında 3 ve 4 puana sahip hayvanlarda ikizlik oranının ve oğlak verimlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu ölçüler mevsimsel olarak değişim göstermekle beraber, yaş, cinsiyet, doğum tipi, genotip ve beslenme şekli gibi faktörlerin etkisi altındadır.

**Şekil 1.** Vücut Konsiyon Puanını Gösteren Bir Örnek Şema (Keskin, 2010)



Bütün ekonomik faaliyetlerin esası kardır. Bu nedenle sürüde karlılığı artırmak için ana başına ya da yılda doğum başına döl sayısını artırmak gerekir. Döl veriminin artırılması sürü büyüklüğünün devam ettirilmesinin yanında seleksiyon ve ayıklama işleminin daha etkili bir şekilde uygulanması yönünden de önem taşımaktadır. (Tozlu, 2006). Keçilerin döl verimi, ticari keçi işletmelerinin ekonomik karlılığı ve verimliliği üzerinde büyük bir belirleyicidir ve döl verim düzeyi büyük oranda, keçilerin genetik yapısı ile içinde yaşadığı iklim koşullarına bağlıdır (Mellado ve ark., 2005). Döl veriminin değerlendirilmesinde kullanılan belirli kriterler vardır. Bu kriterlerden biri tekealtı keçi başına doğan oğlak sayısıdır. Bir diğer kriter ise doğum başına ortalama oğlak sayısıdır. Bu kriter, ana yaşı, genotip, canlı ağırlık, besleme ve hormon gibi çok sayıdaki etmenlerin tesiri altındadır. Bu nedenle bu özelliğin tek başına bir anlam taşımayacağı, bunun yanında büyütülen oğlak sayısının da göz önünde tutulması gerekir. Almanya’da ana keçilerin damızlıkta kaldığı süre içinde, yaptıkları doğum sayısı, bu doğumların her birinde, doğum başına elde edilen ortalama oğlak sayısı esas alınmaktadır (Özcan, 1984).

### 3. ET VERİMİ

Keçi eti, özellikle son yıllarda genç oğlak eti bazı Akdeniz ülkelerinde (İspanya, Portekiz, Yunanistan, Fas, İtalya) oldukça ilgi gören bir besin haline gelmiştir. Keçi eti protein oranı, koyun ve sığır etine benzerdir, yağ oranı ise %50-65 düzeyinden biraz daha düşüktür. Ayrıca 1 gr keçi ve 1 gr tavuk etinin kalori değerleri de birbirine oldukça yakındır (sırasıyla 120-122) (Boyazoglu ve Morand-Fehr, 2001). Bundan dolayı keçi etinin değerli olmasının önemi de buradan anlaşılmaktadır. Diğer türlere oranla kalori düzeyi en düşük kırmızı ettir. Keçi eti, ifade edilen bu özelliklerinden dolayı hem kırmızı etin avantajlı yanlarını hem de düşük kalori oranı ile tavuk etine benzerliği nedeniyle oldukça avantajlı bir besin kaynağı olduğu görülmektedir. Tablo 2’de bu konu karşılaştırılmalı olarak ele alınmıştır (Koluman ve ark. 2016).

**Tablo 2.** Pişmiş kırmızı etin kimyasal içeriği (Little, 2010)

Pişmiş Et (100 gr)	Enerji (cal)	Protein (gr)	Yağ (gr)	Demir (mg)	Sodyum (mg)	Kolesterol (mg)
Keçi	143	27,1	3,03	3,73	86	75
Kuzu	206	28,22	9,52	2,05	76	92
Domuz	212	29,27	9,66	1,1	59	86
Sığır	222	29,58	10,66	2,99	67	86

Son yıllarda, düşük kalori, düşük yağ ve daha sağlıklı et arayışlarından dolayı tüketiciler en ideal kırmızı et kaynağı olarak keçi etini tercih etmektedir. Her 100 gr. keçi etinde ortalama %21 protein, %4,7 yağ ve %72,3 nem ve %1,1 kül bulunmaktadır (Dhanda, 2001). Ayrıca demir içeriği bakımından diğer kırmızı etlere oranla daha zengindir. Bundan dolayı çocuk, gebe kadınlar ve anemi hastalarının beslenmesinde keçi eti tavsiye edilmektedir. Demir içeriğine ek olarak ayrıca kalsiyum bakımından da zengin olduğu ve ülkemizde sıkça görülen anemi ve kemik erimesi gibi hastalıklara karşı demir ve kalsiyum kaynağı olarak kullanılabilir. Vücut biyokimyasal reaksiyonları için gerekli olan Potasyum kaynağı olarak yine bu açıdan zengin olan keçi eti tavsiye edilmektedir (Koluman ve ark. 2016).

Ülkemizde keçi yetiştiriciliği, büyük kısmı elverişsiz alanlardaki ekstatif yetiştiricilik ile sürekli artan bir eğilimde olan enstatif sütçü keçi yetiştiriciliği olmak üzere iki farklı sistemde yapılmaktadır. Keçi sütü ve süttten elde edilen yan ürünler, kendi pazarında yer bulabilmiş ve en önemlisi son yıllarda tüketici tarafından tercih edilen hayvansal ürün olarak marketlerde kendine yer bulmuştur. Daha çok ekonomik anlamda süt üretimi için yetiştiriciliği yapılan keçi sektörü incelendiğinde, pazarlamadaki hatalar ve erkek oğlakların pazarlanamaması sonucu keçi eti üretimi açısından büyük sorunlar yaratmaktadır. Ulusal çapta oldukça düşük olan keçinin en büyük nedeni keçi etine olan önyargıdan kaynaklandığı bildirilmektedir.

Et verimi, keçilerde de tıpkı diğer et yönlü çiftlik hayvanlarında olduğu gibi döl verimi ile ölçülür ve başta canlı ağırlık artışı olmak üzere, günlük yem tüketimi ve yemden yararlanma yeteneğine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Yapılan damızlık seçimlerinde, gelişmenin ve dolaylı olarak et veriminin başlıca ölçütleri, doğum ağırlığı, süttten kesim ağırlığı ve kesim öncesi ağırlığı olarak sıralanabilir. Bunlardan doğum ağırlığı, genetik düzeyi düşük olmasına rağmen kalıtsal yapısıyla birlikte gebelik döneminde meydana gelen çeşitli dış faktörlerin etkisiyle değişebilen bir özelliktir. Gall (1981) tarafından yapılan bir çalışmada doğum ağırlığının kalıtım derecesinin 0,29-0,55 arasında değişebildiğini tespit etmişlerdir. Diğer taraftan canlı ağırlık artışı ise, gelişme hızının bir kriteri olmakla beraber kalıtsal bir özelliktir ve yemden yararlanma yeteneğinin yem kalitesine bağlı olarak değişmektedir (Şengonca ve ark., 2005).

Tablo 3.2. Türkiye’de Hayvansal Et Üretimi (FAOSTAT, 2020)

Yıl	Keçi Eti (ton)	Koyun Eti (ton)	Sığır Eti (Ton)	Tavuk eti (ton)	Hindi Eti (ton)
2015	68077	336000	1014926	1909276	52722
2016	67966	338000	1059195	1879018	46501
2017	67500	333000	987482	2136734	52363
2018	69877	362560	1003859	2156671	69536

#### 4. SÜT VERİMİ

Keçi yetiştiriciliği, bir taraftan keçi sütünün diğer çiftlik hayvanlarına göre besin değerinin yüksek olması, diğer taraftan bakım ve beslenmelerinin kolay olması nedeniyle her geçen gün daha da değer kazanmaktadır. Günümüzde özellikle Amerika ve Avrupa'da inek sütü üretimi yüksek düzeyde yapılmasına rağmen keçi sütüne olan ilginin artmasına bağlı olarak keçi çiftlikleri kurulmaktadır. Bu çiftliklerden elde edilen süt ile yapılan yoğurt, peynir ve tereyağı gibi ürünler oldukça yüksek fiyatlara satılmaktadır. Keçi sütü içeriğinin diğer hayvan sütlerine oranla daha besleyici ve insan sağlığına olumlu etkisi, keçi sütü ve elde edilen süt ürünlerindeki fiyatların yüksek olmasına neden olmaktadır (Koyuncu, 2005).

Kaliteli ve sağlıklı süt üretimi; besin öğelerinin, bakteri sayısının, somatik hücre sayısının, sütün tadının, sütteki kalıntıların, görüşünün, lezzetinin ve sıcaklığının optimum düzeyde olması gerekmektedir. En önemli kalite unsurları arasında tat, koku ve görünüşdür. Hayvanların sağlıklı olması, doğru şekilde beslenmesi, sağım ekipmanlarının steril olması ve sağım makinesinde yeterli düzeyde vakum olması, sağım yapılırken meme ve meme uçlarının steril olması, somatik hücre sayısının düşük olması ve sağımdan sonra sütün hızlı bir şekilde soğutulması süt kalitesinin optimum düzeyde olması için gerekli olan bazı önemli koşullardır (Aktaş ve ark. 2012).

Keçi sütü daha çok yüksek aroması ve beyaz rengi gibi kendine has özellikleri nedeniyle tercih edilebilmektedir. Keçi sütü içeriğinde bulunan yağ ve kazeinden dolayı diğer sütlere göre daha kolay sindirilebildiği için sindirim sistemi hastalıklarına karşı tedavi amaçlı kullanılabilir. Özellikle hastalar, yaşlılar, süte karşı alerjisi olan çocuklar ve bebeklere önerilmektedir. İnek sütüne göre B6, B12 ve C vitaminleri, karoten ve kalori açısından daha düşük; niasin, kalsiyum, kolin, fosfor, inositol ve kısa-orta zincirli yağ asitleri bakımından daha yüksektir. (Haenlein 2011; Wu ve ark. 2006).

#### 5. TİFTİK ÖZELLİKLERİ

Türkiye'de yetiştirilen tiftik keçilerinden elde edilen tiftiklerin, incelik, uzunluk ve parlaklık gibi özellikleri bakımından diğer ülkelerde elde edilenlerden daha kaliteli olduğu bilinmektedir (Yalçın ve ark., 1991). Keçilerden; tiftik, keşmir, üstkaba kıl ve kaşgora olmak üzere dört çeşit lif elde edilmektedir. Tiftik, sadece Ankara keçisi olarak bilinen ve adını yetiştirildiği bölgeden alan Ankara keçisinden elde edilir. Batı dillerinde mohair olarak adlandırılan tiftik, üstün boyanabilme özelliği, yumuşak ve parlak yapısı, ısıyı iyi tutma, esneklik ve incelik gibi özellikleriyle diğer

liflerden ayrılmaktadır. Özellikle tekstil sektöründe aranan lif olan tiftik, giyimden mobilya aksesuarlarına, hatta uzay kıyafetlerine kadar geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. 19. yy'a kadar Türklerin tekelinde olan Ankara keçisi üretimi ve tiftik üretimi, özellikle keçinin Güney Afrika'ya geçişiyle beraber, yetersiz ıslah ve yetiştirme koşulları da eklenince günümüzde Güney Afrika, Lesotho ve Amerika Birleşik Devletleri'nin tekelindedir (Kaymakçı ve Aşkın 1997; Kaymakçı 2010).

Tiftik uzunluğu, dokuma sanayinde oldukça önemli bir faktördür. Sanayi koşullarında doğal uzunluk yerine gerçek uzunluk dikkate alınmaktadır. Diğer taraftan söz konusu diğer bir özellik lüle uzunluğu, o lüleyi teşkil eden elyaf uzunluğu olarak anlaşılmaktadır. Kıllar kıvrımlı halde iken doğal uzunluk, kıvrımlar düzeltildikten sonra ölçülen uzunluk ise gerçek uzunluk olarak ifade edilmektedir. Türk kökenli Ankara keçilerinde lüle uzunluğu ortalaması 17,176 cm, Amerika kökenli Ankara keçilerinde ise lüle uzunluğu 18,13 cm olarak tespit edilmiştir (Horst ve ark., 1993).

Son zamanlarda Amerika Birleşik Devletleri ve Güney Afrika Cumhuriyeti tiftik/kıl sektörüne duydukları ilgi ve yaptıkları desteklerden dolayı Türkiye'den çok sonra keçi yetiştiriciliğine başlamalarına rağmen hem hayvan başına kıl/tiftik verimi hem de üretim miktarında lider konuma gelmişlerdir. Ayrıca üretim miktarının yanında en kaliteli tiftiğe sahip oldukları da söylenebilir. ABD ve Güney Afrika Cumhuriyeti'nin büyük ölçüde tiftik üretimi yapmasının yanında Avustralya, Lesotho, Yeni Zelanda, Arjantin ve Türkiye'de de üretimi yapılmaktadır (Cevger, 2002).

## KAYNAKLAR

- Akçapınar H, Kadak R (1982) Bazı faktörlerin Akkaraman ve Morkaramanlarda gebelik süresi ve doğum ağırlığı üzerine etkileri. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 29 (3-4) 392-400.
- Akçapınar H (1994). Koyun Yetiştiriciliği. Medisan Yayınevi, No:8, Ankara.
- Aktaş, Z., Kaygısız, A., & Sinan, B. A. Ş. (2012). Kahramanmaraş yetiştirici şartlarında Türk Saanen keçilerinin süt verim özellikleri, bazı meme ölçüleri ve SHS arasındaki ilişkiler. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 15(4), 7-17.
- Bolat, Ü., 2006. Adana Bölgesinde Yetiştirilen Kıl Keçilerinde Alt Kıl (Kaşmir) Üretim Potansiyeli, Alt Kılların Fiziksel Karakteristikleri Ve Tekstil Sektöründeki Kullanım Alanları. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana.

- Boyazoglu, J., Morand-Fehr, P., 2001. Mediterranean Dairy Sheep and Goat Products and Their Quality. A Critical Review. *Small Ruminant Research*, 40, 1-11.
- CevgerR, Y. 2002. Türkiye’de Tiftik Üretimi ve Ekonomik Önemi. II. Ankara
- Dellal, İ. Keskin, G., Dellal, G., 2002. Gap Bölgesinde Küçükbaş Hayvan Yetiştiren İşletmelerin Ekonomik Analizi ve Hayvansal Ürünlerin Pazara Arzı, Proje Raporu 2002-2, Yayın No:83, ISBN 975-407-103-9.
- Dhanda, J. S. 2001. Evaluation of crossbred goat genotypes for growth, carcass and meat quality characteristics. Ph.D. Thesis, University of Queensland, Australia.
- (7) (PDF) *Goat Meat Production: Present Status and Future Possibilities*. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/43445366\\_Goat\\_Meat\\_Production\\_Present\\_Status\\_and\\_Future\\_Possibilities](https://www.researchgate.net/publication/43445366_Goat_Meat_Production_Present_Status_and_Future_Possibilities)
- Faostat, 2020. FaoStat: Statistics Database, <http://faostat.fao.org>. Food and Agriculture Organization of the United Nation.
- Gall, C., 1981. *Goat Production*. Academic Pres, London, 1981. 600 pp.
- Haenlein GFV (2011). National goat handbook, [http://outlands.tripod.com/farm/national\\_goat\\_handbook.pdf](http://outlands.tripod.com/farm/national_goat_handbook.pdf). Eriş Tar: Haz 2011.
- Horst P, Zarate AV, Güneş H, Yalçın BC (1993) Growth Rate and Wool Production of Crossbred Progeny from Turkish and North American Angora Goats. *Animal Research and Development*, 38: 92- 99.
- Kaymakçı, M. ve Y. Aşkın, 2010. Keçi Yetiştiriciliği, Baran Ofset, Bornova-İzmir.
- Kaymakçı, M., Eliçin, A., Işın, F., Taşkın, T., Karaca, O., Tuncel, E., Ertuğrul, M., Özder, M., Güney, O., Gürsoy, O., Torun, O., Altın, T., Emsen, H., Seymen, S., Geren, H., Odabaşı, A., Sönmez, R., 2005. Türkiye Küçükbaş Yetiştiriciliği Üzerine Teknik ve Ekonomik Yaklaşımlar, Türkiye Ziraat Mühendisliği, VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak 2005.
- Keskin, E.B.K., 2010. Denizli Yöresi Bazı Kıl Keçi Sürülerinde Vücut Ölçüleri ile Kondisyon Puanlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Keskin, M., Tüney, D., 2015. Kilis Keçilerinde Vücut Kondisyon Puanı ve Döl Verimi Arasındaki İlişki. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 20(2):60-65.
- Koluman, N., Görgülü, M., Göncü, S., & Daşkıran, İ. 2016. Sürdürülebilir Keçi Yetiştiriciliği: Keçi Eti.

- Koşum, N., Alçiçek A., Önenç, A., 2005. Süt Keçisi Yetiştiriciliğinde Kaliteli Et Üretme Olanakları. Süt Keçiciliği Ulusal Kongresi Bildiriler E.Ü. Ziraat Fak. İZMİR.(2005): 108–112.
- Koyuncu, M., 2005. Keçi Yetiştiriciliğinin Dünya ve Türkiye Stratejileri, Süt Keçiciliği Ulusal Kongresi 2005 Bildirisi, İzmir.
- Little, K., 2010. Meat Goats: Sustainable Livestock Farming. Nuffield Farming Scholarships Trust. Booklet p20.
- Mellado, M., R. Valdez, J. E. Garcia, R. Lopez, A. Rodriguez, 2005. Factors Affecting The Reproductive Performance of Goats Under İntensive Conditions in A Hot Arid Environment. Small Ruminant Research Vol: 63, Issues 1-2, 110-118.
- Özdemir, F.H., Keskin, M., 2018. Kilis ve Gaziantep İllerinde Yetiştirilen Kilis Keçilerinin Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Özellikler Bakımından Karşılaştırılması. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(1):115-123.
- Özcan, L., 1984. Türkiye’de Süt Keçiciliğinin Geliştirilmesi Semineri, T. C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Teşkilatlandırma ve Destekleme Genel Müdürlüğü Yayın No: Genel: 145, TEDGEM: 13, (16-20 Nisan, 1984) Adana.
- Özcan, L., 1989. Küçükbaş Hayvan Yetiştirme I (Keçi Üretimi) Ç.Ü.Z.F. Zootekni Bölümü, Ders Kitabı No:111. Balcalı / Adana.
- Özder, M., 1997. Keçi Irkları (Editörler Prof. Dr. Mustafa KAYMAKÇI, Prof. Dr. Yücel AŞKIN). Keçi Yetiştiriciliği, S. 34-55. Bornova, İzmir.
- Şengonca, M., Sönmez, R., Kaymakçı, M.,1974. Islah Edilmiş Beyaz Alman Keçilerinin Ege Bölgesi Koşullarına Adaptasyonu ve Verimleri Üzerine Bir Araştırma. E.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi Cilt:11, Sayı: 3 Ayrı baskı.
- Tozlu, H., 2006. Amasya İli Kıl Keçisi Islah Projesi Kapsamında Elde Edilen Saanen X Kıl Keçisi (F1) Melezleri İle Saf Kıl Keçilerinin Büyüme Ve Diğer Yetiştiricilik Özellikleri Bakımından Mukayesesi. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Yalçın, B.C., Horst, P., Güneş, H., 1991. Comparison of Turkish Angora goats with American x Turkish crossbreed generations in body weight and mohair traits. Production of hides, skins, wool and hair. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi and Mafra, Symposium, Adana, Adana. 2-6 November. 1991. 56(108-114).
- Wu FY, Tsao PH, Wang DC, Lin S, Wu JS, Cheng YK (2006). Factors affecting growth factor activity in goat milk. J Dairy Sci, 89 (6), 1951-1955.

# KEÇİLERDE MORFOLOJİK ÖZELLİKLER

**Mehmet SARAÇOĞLU**

**Dr. Öğr. Üyesi Selahaddin KİRAZ**

Harran Üniversitesi

**Nurcan KIRAR**

**ÖZET:** Çok eski zamanlardan beri geleneksel bir şekilde yapılan, bölgesel ve yöresel olarak özgünlükler barındıran keçi yetiştiriciliği ülkemiz açısından önemli bir yere sahiptir. Keçi, diğer çiftlik hayvanı türlerine göre elverişsiz besleme ve bakım koşullarına karşı daha dirençli olması ve az bir masrafla yetiştirilebilmesinden dolayı, özellikle gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde hayvansal üretim konusunda önemli bir yere sahiptir. Günümüz dünyasında küçükbaş ve büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde damızlık olarak kullanılacak genotiplerde en önemli özellik süt, et ve döl verimidir. Fakat bir hayvanın damızlık için uygun olup olmadığını belirlemek amacı ile süt, et ve döl verimleri gibi kriterlerin dışında görsel olarak belirlenebilen dış görünüş özellikleri de önem arz etmektedir. Dış görünüş sınıflandırması ile genetik açıdan iyileştirilmiş hayvanların elde edilebilmesi için vücutları kusurlu ve ekonomik bakımdan fayda sağlayamayacak bireyler sürü dışına alınarak erken dönemde ayıklama sağlanır. Bu sayede hedeflenen genotip yapısına uygun ve daha iyi morfolojik özellikler barındıran hayvanlar damızlık olarak seçilebilmekte, homojen olması istenen sürü içerisindeki farklılıklar tespit edilerek önlem alınabilmekte ve bunlar sayesinde yapılan ıslah çalışmalarının daha verimli olmasına katkı sağlamaktadır. Hayvanlarda bulunan özelliklerin tanımlanması amacıyla biyometrik ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden canlı ağırlık ölçümü, vücut ve baş ölçüleri en önemli morfolojik belirteçler olmakla beraber en sık kullanılan tanımlama ölçütleridir. Bu çalışmalar neticesinde elde edilen veriler ırkların tescil edilmesi ve karşılaştırılması ile birlikte seleksiyon çalışmalarında da dikkate alınmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Morfoloji, keçi, genotip, ölçüm.

### Morphological Features In Goats

**ABSTRACT:** Goat breeding, which has been done in a traditional way since ancient times, regional and local specificities, has an important place for our country. Goats have an important place in animal production, especially in developing and underdeveloped countries, as they are more resistant to unfavorable feeding and care conditions compared to other livestock species and can be raised with little expense. Today, the most important feature of the genotypes to be used as breeding in ovine and bovine breeding is milk, meat and fertility. However, in order to determine whether an animal is suitable for breeding, the appearance features that can be determined apart from the criteria such as milk, meat and fertility are also important. In order to obtain genetically improved animals with external appearance classification, defective and economically useless individuals are removed from the herd and sorted in the early period. In this way, animals that are suitable for the targeted genotype structure and have better morphological characteristics can be selected as breeders, measures can be taken by detecting differences in the herd and contributes to more efficient breeding studies. Biometric measurement methods are used to identify the characteristics found in animals. Among these methods, body weight measurement, body and head measurements are the most important morphological markers, but they are the most frequently used definition criteria. The data obtained as a result of these studies are taken into account in selection studies together with the registration and comparison of the breeds.

**Keywords:** Morphology, goat, genotype, measurement.

## 1. GİRİŞ

Çok eski zamanlardan beri geleneksel bir şekilde yapılan, bölgesel ve yöresel olarak özgünlükler barındıran küçükbaş hayvan yetiştiriciliği ülkemiz açısından önemli bir yere sahiptir. Küçükbaş hayvanlar, verim alınamayan mera alanlarını, anız içeren tarlaları, nadasa bırakılan alanları, üretim bakımından elverişli olmayan bölgeleri, diğer hayvan türlerinin yararlanamadığı, yaşamaya elverişsiz bölgeleri iyi bir şekilde değerlendirme yeteneğine sahiptirler. Bu değerlendirme neticesinde süt, et, deri, kıl ve yapağı gibi ürünlerin elde edilmesinde ayrıca bir yeteneğe sahip oldukları bilinmektedir (Kaymakçı ve ark., 2006).

Tarım tarihi boyunca keçi yetiştiriciliği oldukça uzun ve önemli bir geçmişe sahiptir. Yapılan çalışmalar ve elde edilen kanıtlar neticesinde keçilerin M.Ö. 9000-7000 yılları arasında evcilleştirildiği düşünülmektedir. M.Ö. 500-400 yılları arası bütün Asya ve Kuzey Afrika bölgelerine yayılan keçilerin süt, et ve derisi dışında fiziksel gücünden de yararlandırdığı tahmin edilmektedir. Tarih boyunca çok önemli bir

yer teşkil eden keçi yetiştiriciliği günümüzde de tüm dünyada bir hayvancılık üretim dalı olarak önemini korumaktadır (Kaymakçı ve Aşkın, 1997).

Keçi, diğer çiftlik hayvanlarına nazaran yetersiz besleme ve bakım koşullarına karşı oldukça dirençli olması ve az bir masrafla yetiştirilebilmesinden dolayı, özellikle gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde hayvansal ürünlerin elde edilmesinde önemli bir yere sahiptir. Yem kaynaklarına karşı seçiciliğinin düşük olması, diğer çiftlik hayvanlarına oranla süt çok daha yüksek verimi alınması gibi özellikler keçilerin önemini korumuştur (Şengonca, 1989). Keçi yetiştiriciliği, ülkemiz tarımında da oldukça önemli bir yer edinmiştir. Ülkemizdeki keçi yetiştiriciliğinin büyük bir kısmını yerli Kıl Keçisi oluştururken, küçük bir kısmını da Tiftik ve Kilis keçileri oluşturmaktadır (Eker ve ark., 1975; Tuncel ve Bayındır, 1983).

**Tablo 1.** Yıllara Göre Dünya ve Türkiye Geneli Keçi Sayısı (FAO, 2020)

Yıl	Dünya (Baş)	Türkiye (Baş)
2015	997,666,193	10,344,936
2016	1,021,738,193	10,416,166
2017	1,029,333,361	10,345,299
2018	1,045,915,764	10,634,672

Günümüz dünyasında küçükbaş ve büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde damızlık olarak kullanılacak genotiplerin süt, et ve döl verimi bakımından yüksek verim özelliği taşıması istenmektedir. Fakat bir hayvanın damızlık için uygun olup olmadığını tespit etmek için et, süt ve döl verimleri gibi kriterlerin dışında morfolojik özellikleri de önem arz etmektedir. Bilimsel çalışmaların oldukça az olduğu ve teknolojinin gelişmediği 18. yüzyıl öncesindeki dönemlerde soy kütüğü uygulamasının ve hayvan ıslahı kavramlarının bilinmediği varsayılırsa hayvan yetiştiricileri damızlık hayvan seçimini kendi bakış açılarıyla hayvanların fiziksel özelliklerini dikkate alarak yapıyorlardı. Çiftlik hayvanlarının verim ve dış görünüş özellikleri dikkate alınarak yapılan seçim değerlendirmelerine ‘Morfolojik Değerlendirme’ denilmektedir (Şeker ve Bayraktar, 2001). Morfolojik özellikleri kullanılarak yapılan damızlık hayvanların sınıflandırılması ‘İdeal Tip’ kavramı ile benimsenmiştir. Fakat dış görünüş özellikleri bakımından gerçekçi ve objektif bir şekilde değerlendirme yapabilmek için önem teşkil eden özelliklerin popülasyonda belirli kriterler göz önünde bulundurularak tanımlanması, bir skalaya göre değerlendirilmesi ve ölçülmesi gerekir. Bu

sınıflandırma şekline ise “dış görünüşe göre sınıflandırma” denilmektedir. Morfolojik özelliklere göre sınıflandırma yapılırken değerlendirmeler gerek et gerekse süt tipi hayvan ırklarında genel yapı ve meme özellikleri ile vücut yapıları önemli bir yer tutmaktadır (Konyalı ve ark., 2015).

Dış görünüş sınıflandırması ile genetik açıdan iyileştirilmiş hayvanların elde edilebilmesi için vücutları kusurlu ve ekonomik bakımdan fayda sağlayamayacak bireyler sürü dışına alınarak erken dönemde ayıklama sağlanır. Bu sayede hedeflenen genotip yapısına uygun ve daha iyi morfolojik özellikler barındıran hayvanlar damızlık olarak seçilebilmekte, homojen olması istenen sürü içerisindeki farklılıklar tespit edilerek önlem alınabilmekte ve bunlar sayesinde yapılan ıslah çalışmalarının daha verimli olmasına katkı sağlamaktadır (Seçkin, 2018).

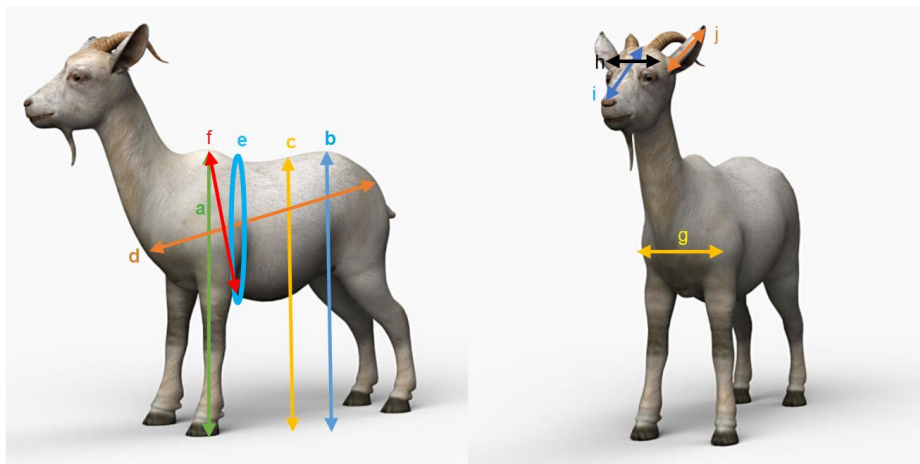
## 2. KEÇİLERDE DIŞ MORFOLOJİK ÖZELLİKLER

### 2.1. Klasik Ölçme Yöntemleri

#### 2.1.1. Canlı ağırlık

Hayvanların canlı haliyle ağırlık tartısı üzerine çıkarılarak ağırlığının tespit edilmesidir. Ölçme hassasiyeti tartının hassasiyet skalasına göre değişmektedir. Pesmen ve Yardımcı (2008), yaptıkları çalışmada 70 Saanen keçisi kullanmışlardır ve canlı ağırlık ortalamasını 55,37 kg, Aktepe (2009), Kilis Keçilerinde yaptıkları bir çalışmada ise canlı ağırlık ortalamasını 56,4 kg olarak tespit etmişlerdir.

**Şekil 1.** Morfolojik Ölçüm Yöntemleri **a)** Cidago yüksekliği **b)** Sağrı yüksekliği **c)** Sırt yüksekliği **d)** Vücut uzunluğu **e)** Göğüs çevresi **f)** Göğüs derinliği **g)** Göğüs genişliği **h)** Alın genişliği **i)** Baş uzunluğu **j)** Kulak uzunluğu



### **2.1.2. Cidago Yüksekliği**

Cidago, sırt ön bölgesindeki çıkıntının en yüksek noktasından ayağının değdiği yere kadar olan dikey uzunluğunu ifade eder. Cidago yüksekliğini ölçmek amacıyla ölçü bastonu kullanılır. Keskin (2010)'in yaptıkları bir çalışmada Denizli ilindeki Kıl Keçilerinde morfolojik özelliklerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu çalışmada; cidago yüksekliğini ortalama 71,72 cm olarak tespit etmişlerdir. Keskin ve ark. (1996), tarafından Hatay ilindeki Kilis keçilerinde yapılan bir çalışmada cidago yüksekliği 69,00 cm, Pesmen ve Yardımcı (2008), yaptıkları çalışmada 70 Saanen keçisi kullanmışlardır ve cidago yüksekliğini 91,57 cm olarak tespit etmişlerdir.

### **2.1.3. Sağrı Yüksekliği**

Sağrı kemiğinden itibaren ayağın bastığı yer arasındaki dikey uzunluğu ifade eder. Cidago gibi sağrı yüksekliği de ölçü bastonu ile ölçülür. Keskin vd. (1996) tarafından Hatay ilindeki Kilis keçilerinde yapılan bir çalışmada sağrı yüksekliğini ortalama 71,05 cm olarak tespit edilirken, Eser (1998) tarafından Samsun ilinde yapılan çalışmada kullanılan Kıl Keçilerine ait ortalama Sağrı yüksekliğini 68,77 olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca, Ceyhan ve Karadağ (2009), 87 baş Saanen keçisinde ortalama Sağrı yüksekliğini 70,86 cm olarak tespit etmişlerdir.

### **2.1.4. Sırt yüksekliği**

Son sırt omur çıkıntısından yine yere kadar olan dikey uzunluğu ifade eder. Bu yükseklikte ölçü bastonu ile ölçülmektedir. Ceyhan ve Karadağ (2009), 87 baş Saanen keçisinde yaptıkları çalışmada sırt yüksekliğini ortalama 74,43 cm, Keskin (2010)'in Denizli ilindeki Kıl Keçilerinde morfolojik özellikleri ortaya koymak amaçlı yaptığı çalışmada sırt yüksekliğini ortalama 66,36 cm olarak tespit etmişlerdir.

### **2.1.5. Vücut uzunluğu**

Omuz başından oturak yumrusuna kadar olan mesafeyi ifade eder. Bu uzunluk şerit metre ile ölçülmektedir. Bingöl vd. (2011), toplamda 49 Norduz keçisi üzerinde yaptıkları çalışmada vücut uzunluğunu ortalama 67,15 cm olarak ölçmüşlerdir. Ali-zadehasl ve Ünal (2011) tarafından yapılan çalışmada, 45 baş Norduz keçisi, 37 baş Honamlı keçisi ve 46 baş Kilis keçisi kullanmıştır. Vücut uzunluklarını Kilis keçisinde ortalama 71,9 cm, Norduz keçisinde ortalama 64,7 cm, Honamlı keçilerinde ise ortalama 82,6 cm olarak tespit etmişlerdir. Aktepe (2009), Kilis Keçilerinde vücut

ölçülerini belirlemek amacıyla yaptıkları bir çalışmada vücut uzunluğunu 60,5 cm olarak tespit etmişlerdir.

#### **2.1.6. Göğüs Çevresi**

Küreklerin arka kısmından başlayıp gövdenin tam çevresini ifade eder. Bu bölgenin ölçümü de şerit metre ile yapılmaktadır. Atay vd. (2007), 13 baş Kıl Keçisi oğlağında çevresi ölçümlerini sırasıyla 61,00 cm olarak bulmuşlardır. Özel ve Aygün (2010), yaptıkları bir çalışmada Norduz oğlaklarında çevre etmenlerinin etkilerini incelemek ve en uygun büyüme modelini tespit etmek için yaptıkları çalışmada göğüs çevresini 76,09 cm olarak bulmuşlardır. Bingöl vd. (2011), 44 baş Norduz keçisi ve 5 baş Norduz tekesinde yaptıkları çalışmada ortalama göğüs çevresini 88,87 cm olarak tespit edilmiştir.

#### **2.1.7. Göğüs Derinliği**

Omuz arkasından yapılmak suretiyle cidago ile göğüs kemiği arasındaki dikey uzunluktur. Bu bölgenin ölçülmesi de ölçü bastonu ile yapılmaktadır. Koyuncu (1990), Bursa'nın Keleş ilçesine bağlı Dağdemirciler köyünde yetiştirici elinde bulunan üç yaşındaki Kıl Keçilerinin materyal olarak kullanıldığı bu çalışmada göğüs derinliğini ortalama 30,5 cm olarak tespit etmişlerdir. Keskin vd. (1996) tarafından Kilis keçilerinde yapılan bir çalışmada ortalama göğüs derinliğini 31,10 cm olarak ölçmüşlerdir. Ayrıca Atay vd. (2007), tarafından Kıl keçisi oğlaklarında yaptıkları bir çalışmada ise ortalama göğüs derinliği ölçüsü 19,99 cm olarak tespit edilmiştir.

#### **2.1.8. Göğüs Genişliği**

İki kürek arasındaki yatay uzunluğu ifade eder ve şerit metre ile ölçülür. Bingöl vd. (2011) Norduz keçilerinde yaptıkları çalışmada kürekler arası göğüs genişliğini ortalama 21,09 cm olarak, Ceyhan ve Karadağ (2009) ise Saanen keçilerinde yaptıkları çalışmada ortalama göğüs genişliğini 19,38 cm olarak ölçmüşlerdir.

#### **2.1.9. Alın Genişliği**

Alın çıkıntısının en yüksek noktasından üst dudağın alt kenarına kadar olan mesafeyi ifade eder. Keskin (2010)'in Denizli ili Merkez ilçesi Yeşilyayla köyü Kıl Keçilerinde vücut ölçülerini ortaya koymak amaçlı yaptığı çalışmada ortalama Alın genişliğini 11,16 cm olarak tespit etmişlerdir.

### 2.1.10. Baş Uzunluğu

Alın çıkıntısının en yüksek noktasından üst dudağın alt kenarına kadar olan mesafeyi ifade eder. Varol (2014), yaptıkları çalışmada ortalama Baş uzunluğunu 17,51 cm, yine Keskin (2010)'in Denizli ili Merkez ilçesi Yeşilyayla köyü Kıl Keçilerinde vücut ölçülerini ortaya koymak amaçlı yaptığı çalışmada ortalama Baş uzunluğunu 18,74 cm olarak tespit etmişlerdir.

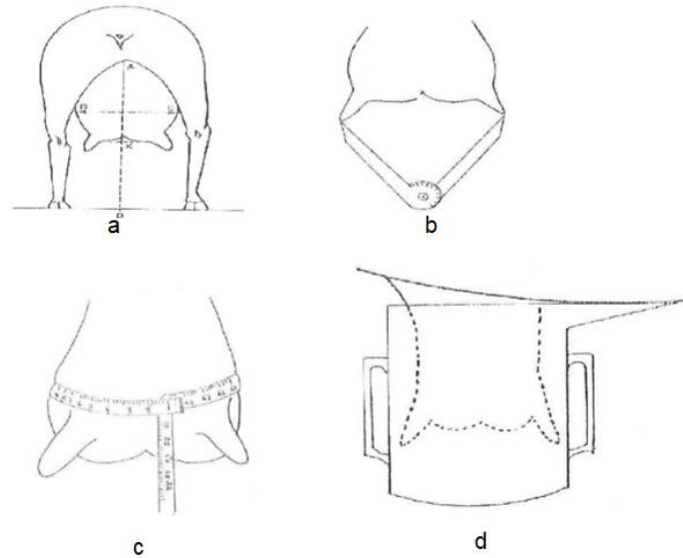
### 2.1.11. Kulak Uzunluğu

Kulağın başlangıç bölgesinden kulağın yerden bittiği yer arasındaki uzunluğu ifade eder. Şerit metre ile ölçülür. Varol (2014), Denizli ilindeki 4 farklı ilçeden aldıkları ölçülerde ortalama kulak uzunluğunu 15,74 cm olarak tespit etmişlerdir.

### 2.1.12. Meme Ölçüleri

Meme başı açısı, açı ölçer ile meme alt ve üst yükseklikleri ise mezura ile ölçülmektedir. Meme çevresi mezura kullanılarak, meme hacmi ise suya daldırma yöntemi ile taşan suyun hacmi ölçülerek alınmaktadır (Marvogenis, 1988).

**Şekil 2.** Meme Morfolojik Ölçüm Yöntemleri **a)** Meme Alt Yüksekliği, Meme Üst Yüksekliği ve Meme Genişliği **b)** Meme başı açısının ölçümü **c)** Meme Çevresinin Ölçümü **d)** Meme Hacminin Ölçülmesi (Aktaş ve ark. 2012)



Aktaş ve ark., (2012), Kahramanmaraş yetiştirici şartlarında aynı yaşta ve laktasyondaki Saanen keçilerinde yaptıkları çalışmada Meme üst yüksekliğini ortalama 45,32 cm, Meme alt yüksekliğini ortalama 38,38 cm, Meme genişliğini ortalama 10,45 cm, Meme çevresini ortalama 34,46 cm, Meme hacmini 551,09 ml ve Meme açısı ölçüsünü ortalama 47,02 cm olarak tespit etmişlerdir.

## 2.2. Görüntü İşleme Metodu (GİM)

Çiftlik hayvanlarında genel vücut özelliklerini ölçmek için kullanılan klasik ölçüm araçları; ölçü bastonu, ölçü şeridi ve ölçü pergeli örnek olarak verilebilir (Cemal, 2014). Fakat klasik ölçme yöntemlerinin zor uygulanabilir ve zaman alıcı olması, araştırmacıların gelişmiş bilgisayar ve görüntü işleme teknolojilerini kullanmaya zorlamıştır. Birçok araştırmacı özellikle büyükbaş hayvanlarda Görüntü İşleme Metodunu (GİM) kullanarak, canlı ağırlık (CA) ve vücut ölçüleri tahminlerinin görüntü ile saptanması yönünde bilimsel çalışmalar yapmışlardır. Diğer bir taraftan GİM uygulamasının bazı keçi ırklarında da canlı ağırlık tespitinde kullanılabileceğini bildiren araştırmacılar da mevcuttur (Negretti ve ark., 2008). Bu çalışmalar sayesinde hayvan sayısı fazla olan işletmelerde, hayvanlara ait özelliklerin daha hızlı ölçülebilmesi ve bu sayede bir veri bankası oluşturma bakımından kolaylık sağlayacaktır (Negretti ve ark., 2007). Bu sayede zaman ve emek tasarrufu sağlanmış olup değerlendirmeler objektif ve somut bir şekilde verilere dayandırılarak yapılmış olacaktır. Önal (2011) tarafından görüntü işleme yöntemi (GİM) kullanılarak yapılan bir çalışmada hayvan morfolojik tanımlamalarının yapılmasında GİM' nun klasik yöntemler yerine kullanılabileceği ve özellikle görüntü işleme cihazları olarak kamera ve fotoğraf makinalarının kullanıldığı yöntemlerle elde edilen verilerin daha sapmasız olduğu sonucuna varılmıştır.

Görüntü işleme uygulamaları hassas tarım uygulamaları kapsamında birçok alanda kullanılmaktadır (Nääs I.A., ve ark. 2006; Seçkin, 2018).

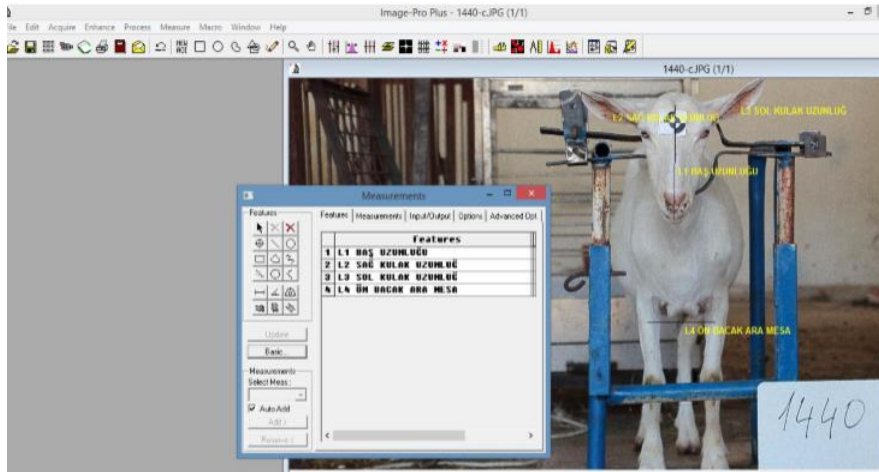
- Çiftlik hayvanlarında gebelik tespiti için kullanılan Ultrasonografik görüntüleme,
- Vücut kondisyonlarının belirlenmesi için kullanılan Görüntü analiz yöntemi,
- Görüntü işleme ile karkas etinin yağ, renk, kalite ve mermerleşme tayini,
- Uydu görüntüleri vasıtasıyla mera alanlarının gözlemlenmesi,
- Süt analiz teknolojilerinde somatik hücre sayımı ve peynirde gözenek oluşumu ile mikro yapı tespitleri.
- Büyük işletmelerde hasta ve ölmüş hayvanların gözlemlenmesi.

- Görüntü işleme ile yumurta kalite kontrolü.
- Hayvanlarda kızgınlık takibini ve diğer davranışların gözlenmesi için yapılan video görüntüleme,
- 'Drone' adı verilen kameralı hava araçları ile sürülerin izlenmesi,
- Görüntü işleme metotları ile hayvan morfolojik özelliklerinin belirlenmesi,

Menesatti ve ark. (2014) 27 baş Alpagota koyunu ile yaptıkları bir çalışmada Stereovision Görüntüleme Sistemi teknolojisini kullanarak Cidago yüksekliği, göğüs derinliği, vücut uzunluğu ile canlı ağırlık tahmini yapmışlardır. Sonuç olarak cidago yüksekliği ve göğüs derinliği için %3,5 civarında hatayla, vücut uzunluğu için ise %5 hata payı ile tahmin edilebileceği bildirilmiştir.

Negretti ve ark. (2008), bir çalışmada 50 baş Saanen ırkı keçilerde morfolojik özelliklerin belirlenebilmesi amacıyla vücut ölçülerinin ve canlı ağırlığın Görüntü işleme metotları ile belirlenmesi için Opto-Informatic System (Lasermetre kullanılmak suretiyle görüntü objektifi ile hayvanlar arasındaki uzaklığın belirlenmesi ve geliştirilmiş matematiksel model vasıtasıyla gerçek ölçülerin tahmini) yöntemini kullanmışlardır. Bu çalışmada vücut ölçüleri ve canlı ağırlığın klasik metot ve Sabit Nesne Video (SNV) yöntemleri ile ölçüm ve tahminler yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda keçilerde vücut alanı ile canlı ağırlık arasındaki korelasyon katsayısını 0,96 olarak tespit etmişlerdir. Görüntü işleme metodunun keçilerde CA belirlenmesinde kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Şekil 2.12. Görüntü işleme metodu çalışmasından bir görüntü (Seçkin, 2018)



## KAYNAKLAR

- Aktaş, Z., Kaygısız, A., & Sinan, B. A. Ş. (2012). Kahramanmaraş yetiştirici şartlarında Türk Saanen keçilerinin süt verim özellikleri, bazı meme ölçüleri ve SHS arasındaki ilişkiler. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 15(4), 7-17.
- Aktepe, T., 2009. Kilis Keçilerinde Anatomik, Morfolojik ve Fizyolojik Adaptasyon Parametrelerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Alizadehasl, M., Ünal, N., 2011. Kilis, Norduz ve Honamlı keçilerinde bazı morfolojik özellikler. *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.* 2011, 51 (2) 81-92.
- Atay, O., Gökdal, Ö., Eren, V., 2007. Kıl Keçisi erkek oğlaklarında besi gücü ve karkas özellikleri. V. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Poster, sayfa,104 ,05/09/2007, Adana.
- Bingöl, M., Gökdal, Ö., Aygün, T., Yılmaz, A., Daşkiran, İ., 2011. Norduz keçilerinde bazı tanımlayıcı verim özellikleri ve vücut ölçüleri. 7.Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Çukurova Üniv. Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Poster, 14.09.2011, Adana.
- Cemal İ., 2014. Verim Denetimleri ve Genomik Tanımlama. *Koyun-Keçi Genetik İslah Çalıştayı*, Uşak, S.66.
- Ceyhan, A., Karadağ, O., 2009. Marmara Hayvancılık Araştırma Enstitüsünde yetiştirilen Saanen keçilerin bazı tanımlayıcı özellikleri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi* 2009, 15(2) 196-203.
- Eker, M., Tuncel, E., Aşkın, Y., Yener, S.M., 1975, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kilis keçilerinde süt verimi ile ilgili özellikler, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı* 25:402-411.
- Eser, M., 1998. Köy koşullarında yetiştirilen Kıl Keçilerinin bazı verim özelliklerinin tespiti üzerine bir araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Samsun.
- Faostat, 2020. *FaoStat: Statistics Database*, <http://faostat.fao.org>. Food and Agriculture Organization of the United Nation.
- Kaymakçı, M., Aşkın, Y., 1997. Keçi Yetiştiriciliği, Baran Ofset, Bornova, İzmir.
- Kaymakçı, M., Dellal, G., 2006, Türkiye ve Dünya Keçi Yetiştiriciliği. Keçi Yetiştiriciliği (Ed: Kaymakçı, M.), *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, İzmir İli Damızlık Koyun-Keçi Birliği Yayınları No:2, İzmir, s.3-1.

- Keskin, M., Kaya, Ş., Özcan, L., Biçer, O., 1996. Hatay bölgesinde yetiştirilen keçilerin bazı morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine bir araştırma. J.Agricultural Faculty MKÜ, 69-84.
- Keskin, E.B.K., 2010. Denizli Yöresi Bazı Kıl Keçi Sürülerinde Vücut Ölçüleri ile Kondisyon Puanlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Konyalı A., Daşkiran İ., Savran A.F., Koluman N., 2015. Keçilerde Doğrusal Puanlamasına İlişkin Bir Analiz., 9. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 3-5 Eylül 2015, Konya.
- Koyuncu, M., 1990. Köy koşullarında yetiştirilen Kıl Keçilerinde kıl verimleri bazı kıl özellikleriyle canlı ağırlık ve vücut ölçüleri arasındaki ilişkiler. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Kumlu S., Şahin O., Galiç A., 2004. Sığırlarda Dış Görünüşe Göre Sınıflandırmada Saha Elemanlarının Etkisi.Uluslararası Zootekni Bilim Kongresi. S 86-90,2004, Isparta.
- Mavrogenis, A. P., Papachristoforou, C., Lysandrides, P., Roushias, A. 1988. Environmental and Genetic Factors Affecting Udder Characters and Milk Production in Chios Sheep. Genet. Sel. Evol., 20: 477-487.
- Menesatti P., Costa C., Antonucci F., Steri R., Pallottino F., 2014. A low-cost stereovision system to estimate size and weight of live sheep. Computers and Electronics in Agriculture 103(2014) 33-3.
- Nääs I. A., Carvalho V.C., Moura D.J., Mollo M., 2006. Precision Livestock Production, Handbook of Agricultural Engineering, chapter 5, volume VI, pp. 313-325 Michigan, USA.
- Negretti P., Bianconi G., Bartocci S., Terramoccia S., 2007. Lateral Trunk Surface as a new parameter to estimate live body weight by Visual Image Analysis. Italian Journal of Animal Science, (Supp.2) vol.6:1223-1225.
- Negretti P., Bianconi G., Bartocci S., Terramoccia S., Noé L., 2008. New morphological and weight measurements by visual image analysis in sheep and goats. New trends for Innovation in the Mediterranean Animal Production, Abstract. 6-8 November 2008, Corte-France.
- Önal A.R, 2011. Görüntü İşleme Teknolojisinden Yararlanarak Sığır ve Mandalarda Morfometrik Parametrelerin Tahmininde Kullanılan Farklı Metotların Karşılaştırılması. Doktora Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Türkiye.

- Özel, D. ve Aygün, T., 2010. Norduz oğlaklarının büyüme-gelişme özellikleri ve en uygun büyüme modelinin belirlenmesi. *Ulusal Keçicilik Kongresi*, 24-26.
- Pesmen, G., Yardımcı, M., 2008. Estimating the live weight using some body measurements in Saanen goats. *Archiva Zootechnica* 11:4, 30-40.
- Seçkin, E. 2018. Keçilerde Görüntü Analizinin Morfolojik Özelliklerin Ölçümünde Kullanılabilirliği. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale.
- Şeker İ., Bayraktar M., 2001. Malatya Sultansuyu Tarım İşletmesi'ndeki Esmer Irkı İneklerde Linear (Doğrusal) Tip Özellikleri ile Süt Verimi Arasındaki İlişkiler., I. Linear (Doğrusal) Tip Özellikleri ve Bunlar Üzerine Çevre Faktörlerinin Etkisi.,F.Ü Veteriner Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı-Elazığ. YYÜ Veteriner Fakültesi Dergisi., 12(1-2):64-7
- Şengonca, M., 1989. Küçükbaş Hayvan Yetiştirme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 27.
- Tuncel, E., Bayındır, Ş., 1983. Türkiye'de keçilerin genetik ıslahı. Avrupa Zootekni Federasyonu Uluslararası Akdeniz Bölgesi Koyun Ve Keçi Üretimi Sempozyumu 17-21 Ankara.
- Varol, M., 2014. Denizli İlinde Yetiştirilen Kıl Keçilerinin Morfolojik Özelliklerinin Tanımlanması. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Aydın.

# **CYPRINUS CARPIO VE ESOX LUCIUS ÜZERİNDE YAPILAN METİL METANSÜLFONAT (MMS)'İN FARKLI KONSANTRASYONLARDA TEK HÜCRE JEL ELEKTROFOREZ İLE KARŞILAŞTIRMALI DNA HASARI ÇALIŞMASI**

**Hilal ÇAVUŞ**

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Müge GİDİŞ**

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

**ÖZET:** Balıklar, yaşadıkları ortamda biriken kontaminantlara ve kirleticilere karşı hızlı bir şekilde tepki verdiklerinden dolayı ortamın biyoindikatörü olarak rol oynarlar. Bundan dolayı biyo-izleme çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sazan balığı (*Cyprinus carpio*) ve turna balığı (*Esox lucius*) kan eritrositleri kullanılarak Işıklı Gölü'ndeki (Çivril-Denizli) kirliliğin boyutu ve DNA hasarı comet analizi ile incelenmiştir. Metil metansülfonat (MMS)'in organizmaya verdiği DNA hasarını belirleyebilmek için farklı konsantrasyonlar örneklerle uygulanmıştır.

Bu çalışmada Denizli Çivril ilçesinde bulunan Işıklı Gölü'nde Aralık 2019'da alınan örneklerle 20uM MMS ve arttırılmış konsantrasyonlarda (60uM, 70uM ve 80uM MMS) MMS uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda ortalama arbitrary units değerleri hesaplanmıştır. Buna göre kontrol örnekleri  $1,298278 \pm 0,2213$ , 20uM MMS uygulamasında  $1,540321625 \pm 1,7842$ , 60uM, 70uM ve 80uM MMS uygulanmasında ise sırasıyla  $2,35 \pm 0,8381$ ,  $2,937857 \pm 0,696$ ,  $2,884167 \pm 0,657$  değerleri ortaya çıkmıştır. Doza bağlı olarak MMS'in hasar derecesi artmış olup, en çok hasar 70uM MMS'e maruz kalan hücrelerde gözlenmiştir. Bu veriler ışığında literatürdeki veriler ile tutarlı olup MMS'in DNA hasarına neden olduğu desteklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** DNA hasarı, Metil metansülfonat, Tek hücre jel elektroforezi

## **A Comparative Study of DNA Damage from Different Concentrations of Methyl Methanesulfonate (MMS) on *Cyprinus carpio* and *Esox lucius* with Single Cell Gel Electrophoresis**

**ABSTRACT:** Fish are frequently used in bio-monitoring studies because they react quickly to contaminants and pollutants that accumulate in their environment, as they are bioindicators of the environment. In this study, the

size of the pollution in Isikli Lake (Civril-Denizli) and DNA damage were analyzed by comet analysis using erythrocytes of carp (*Cyprinus carpio*) and pike (*Esox lucius*). Different concentrations were applied to the samples in order to determine the DNA damage caused by methyl methanesulfonate (MMS) to the organism. In this study, 20uM MMS and increased concentrations (60uM, 70uM and 80uM MMS) were applied to the samples taken from Işıklı Lake (Denizli-Çivril) in December 2019. As a result of the study, average arbitrary units values were calculated. Accordingly, control samples are used in  $1,298278 \pm 0,2213$ , 20uM MMS application  $1,540321625 \pm 1,7842$ , 60uM, 70uM and 80uM MMS applications, respectively,  $2,35 \pm 0,8381$ ,  $2,937857 \pm 0,696$ ,  $2,884167 \pm 0,657$  values have emerged. Depending on the dosage, the degree of damage of MMS increased, and the most damage was observed in cells exposed to 70uM MMS. In the light of this data, it is consistent with the data in the literature and it is supported that MMS causes DNA damage.

**Key words:** *DNA damage, Methyl methanesulfonate, Single cell gel electrophoresis*

## 1. GİRİŞ

Sucul organizmalar, çevre kirliliğinin biyolojik olarak izlenmesinde kullanılmaktadırlar. Suda biriken kontaminantlar, bu canlıların biyolojik sistemlerindeki oksidatif stresi tetiklerler. Balıklar, genellikle denizler ve göllerdeki kirliliği saptamada çoğu zaman biyoindikatör olarak kullanılmıştır (van der Oost vd., 2003:57–149; Dautremepuits vd., 2004: 325–333). Balıklarda kan içeriğinin %97'sini oluşturan eritrositler, çekirdek taşıyan hücrelerdir (Mitchelmore ve Chipman, 1998: 135–147). Bu yüzden bu canlılar DNA hasarının belirlenmesinde oldukça kolaylık sağlamaktadır.

Göller ve denizlerdeki biriken kontaminantlar, ülkemizde ve dünyada ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Ağır metaller, pestisitler ve ilaçlar gibi birçok ksenobiyotik canlılar üzerinde toksik bir etkiye neden olmaktadır. Bu durumun izlenmesi sucul ekosistemin sağlığı açısından önem arz etmektedir (Wells, 1999:39–47). Burada test maddesi olarak kullanılan Metil metansülfonat (MMS), birçok yerde kullanılan monofonksiyonel alkilleyici bir ajandır. Monofonksiyonel alkilleyici ajanlar en genel ifade ile direkt olarak DNA gibi makromoleküllere bağlanan ve bunun sonucunda DNA'nın yanlış kodlanmasına, DNA'da depürinasyona ve tek zincir kırıkları oluştururlar. Organizmalarda karsinojenik ve mutajenik etkiye sebep olurlar (Beranek, 1990:11–30). Bu madde, DNA'nın nükleofilik bölgelerine özellikle aminoasit moleküllerindeki azot atomlarına metilasyon yapar. Baz modifikasyonları değişimi ile N-glikozidik bağlar zayıflar abasik bölgelerde alkali işaretli formasyona öncülük eden

Metil metansülfonat genotoksisiteyi tetikler (Loeb vd., 1986:201–230; Franke vd., 2005:279–283).

Genotoksikolojide çevre kirliliğın biyogöstergesi olarak kullanılan birçok teknik vardır. Bunlar mikronükleus testi, ames testi, kromozomal aberasyon testi, somatik mutasyon ve rekombinasyon testi ve comet testidir. Genotoksik hasarın hassas biyomarkörü DNA zincir kırıklarındır ve birçok ajan, metabolik enzimler veya DNA adductları oluşturmaya bile tek hücre kırıklarına neden olmaktadır. DNA zincir kırıkları potansiyel pre-mutajenik lezyonlardır (Kammann vd., 2000:161–168). Comet testi günümüzde kolay, ucuz ve güvenilir bir teknik olmasından dolayı sıklıkla kullanılmaktadır. Tek hücre jel elektroforezi olarak da bilinen Comet testi, ilk defa Rydberg ve Johansenn (1978:465–468) tarafından DNA zincir kırıklarının tespitinde kullanılmıştır. Bu yöntemde spesifik hücreler önceden hazırlanmış agaroz kaplı lamalara gömülüp, hafif alkali ortamda bekletiliyor, sonrasında alkali ortamda açılan çift zincirli DNA nötralize ediliyordu. Akridin oranj ile boyandıktan sonra bir fotometre aracılığıyla ölçülüyordu. DNA hasarının seviyesi, yeşil fluoresanın kırmızı flüoresana oranı ile belirleniyordu. Günümüzde ise nötralizasyon aşamasından önce elektroforez yapıp gerekli bazı koşulları değiştirilerek alkali tek hücre jel elektroforezi haline almıştır. Comet analizi olarak bilinmesinin sebebi elektroforeze maruz bırakılan hücrelerin göçü sayesinde ve fluoresan mikroskopunda kuyruklu yıldızını andırması ile olmuştur.

Bu çalışmada Aralık 2019'da Işıklı Gölü'nden balıkçılar yardımıyla alınan balıklardan kan örnekleri elde edilmiştir. Daha sonra *in vitro* ortamda MMS'in farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılan kan örneklerinin, DNA hasarının değişimi gözlenmiştir.

## 2. MATERYAL METOT

### 2.1. Materyal

Işıklı Gölü, Denizli Çivril ilçesinde bulunan ve sonradan baraj gölüne çevrilen bir göldür. Büyük Menderes Nehri'nin yukarı havzasında, Akdağ'ın güneyinde yer alan 5 metre bazen 8,7 metre derinliğine ulaşılabilen, maksimum yüzey alanı yaklaşık 64,00 km<sup>2</sup>'dir (Balık vd., 2004:19–28; Apaydın vd., 2016:118–132; Ustaoglu, Balık ve Özbek 2015:135-139). Işıklı Gölü'nde 2 farklı istasyondan (38°15'33.8"N 29°55'10.0"E ve 38°15'06.8"N 29°53'26.8"E lokalitelerinden) alınan Sazan (*Cyprinus carpio*) ve Turna (*Esox lucius*) balıklarının kan örnekleri laboratuvara getirildi.

### **2.1.1. Kimyasallar**

Dulbecco's Phosphate-Buffered Saline (DPBS) (PanBiotech), Tris (BioShop), Triton X-100 (BioShop), N-Lauryl sarcosine-Sodyum sarkosinat (Sigma-Aldrich), Methylmethane sulfonate (MMS) (Sigma Aldrich), Ethidium Bromide (BioShop), Normal melting agarose (NMA) (Amresco), Low melting agarose (LMA) (Sigma-Aldrich).

## **2.2. Metot**

### **2.2.1. Test maddesi**

Test maddesi olarak Metil metansülfonat (MMS)'in dilue edilerek kullanıldı. Öncelikle MMS'in 20uM konsantrasyonda ve sonrasında ise sırasıyla 60uM, 70uM ve 80uM konsantrasyonları in vitro ortamda uygulandı. Uygulama, 0°C'de 15 dakika boyunca MMS'e maruz bırakıldı. Sonra ise örnekler DPBS ile yıkandı. Daha sonra comet analizi için yapılan işlemlere devam edildi.

### **2.2.2. Tek hücre jel elektroforezi (Comet Analizi)**

Tek hücre jel elektroforezi belirtilen yöntemle yapılmış olup bazı değişiklikler ile birlikte uygulandı (Mc-Kelvey ve Martin, 1993:47–63). Deneye başlamadan önce lamalar %1 normal erime noktalı agaroz (NMA) ile kaplandı. Kan örneğinden alınarak DPBS ile yıkandı ve %0.5 düşük erime noktalı agaroz (LMA) ile karıştırıldı. Bu karışımdan 10ul alındı ve %1 NMA ile kaplanmış lama yayılarak üzerine lamel kapatıldı. Lamalar tamamen donduktan sonra lameller kaldırıldı ve soğuk lizis çözeltisine (2,5M NaCl, 100mM EDTA, 10mM Tris ve bu çözeltinin içerisine taze olarak hazırlanan %10 DMSO, %1 Triton X-100, %1 N-Laurylsarcosine-sodium salt pH 10 eklendi) bırakıldı. Burada karanlıkta 4°C'de 1 saat bekledi. Elektroforez aşamasında lamalar soğuk elektroforez çözeltisinde (10M NaOH, 5M EDTA, pH>13) 20 dakika bekletildi. Daha sonra karanlık koşullar altında soğuk elektroforez çözeltisinde 4°C'de 20 dakika 25V, 300mA'de elektroforezde hücrelerin göçü sağlandı. 5'er kez 5 dakika nötralizasyon çözeltisinde (0.4 M Tris, pH 7.5) bırakıldı. Hücreler, Etidyum bromür (20ul/ml) ile 20 dakika boyanarak floresan mikroskopunda (Nikon ECLIPSE 50i) görüntüledi. Görüntülenen cometler CometScore2.0.0.38 programıyla hücreler göz ile sayılarak 0 ile 4 arasındaki comet sınıfları ile toksisite değerlendirildi.

### 2.2.3. Cometlerin Değerlendirilmesi

Seçilen yaklaşık 100 hücre 0 ile 4 arası görsel analizle comet sınıflarına ayrılarak kategorize edildi. Hücreler Collins (2004)'e göre analiz edildi. Her bir konsantrasyon için ortalama arbitrary units (OAU) değerleri hesaplanarak DNA hasarı değerlendirildi. OAU, Azqueta vd., (2009)'ya dikkate alınarak aşağıdaki formülle hesaplandı.

$$AU = \frac{0xA + 1xB + 2xC + 3xD + 4xD}{N}$$

Burada A, B, C ve D sırasıyla 0. dereceden hasarsız spot görünümlü hücre, 1. dereceden hasarlı hücreyi, 2. dereceden hasarlı hücreyi, 3. Dereceden hasarlı hücreyi ve 4. Dereceden apoptoza uğramış çok hasarlı hücreyi temsil etmektedir. N ise toplam hücre sayısını göstermektedir.

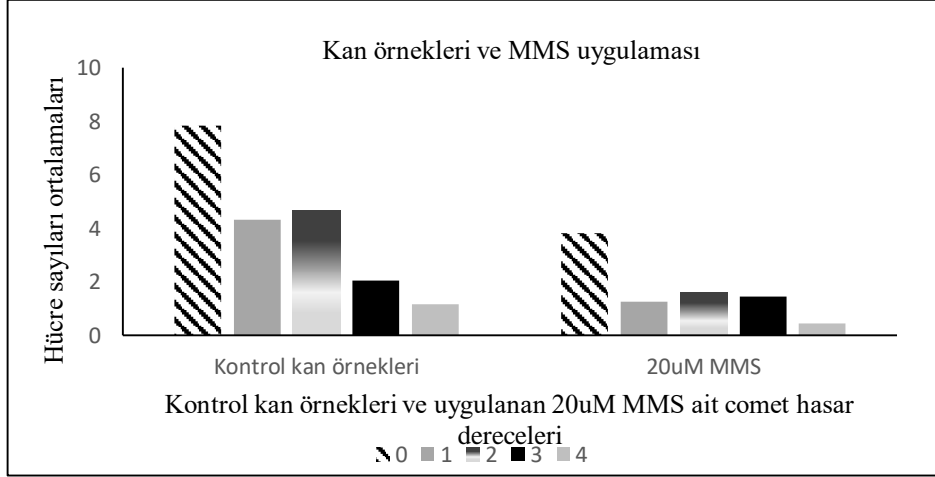
### 2.2.4. İstatiksel Analiz

Bu çalışmada istatiksel analizler SPSS V25.0 paket programı kullanılarak ve  $p > 0,05$  önemlilik derecesinde yapıldı. Öncelikle verilerin normalliği için Shapiro-Wilk testi uygulandı. Bundan sonra normal dağılım göstermeyen gruplar Non-parametrik test olan Kruskal-Wallis ile gruplar arasında karşılaştırma yapıldı.

## 3. BULGULAR

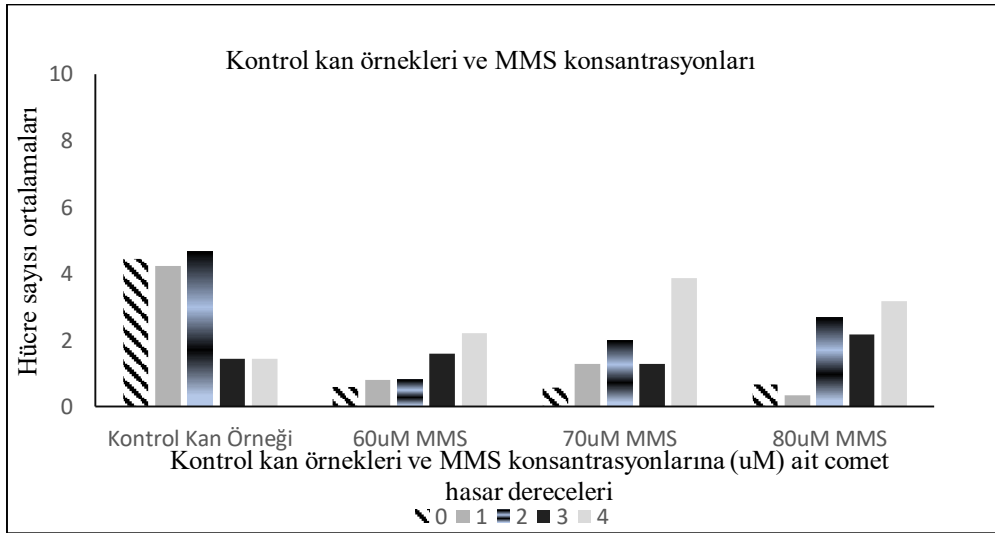
Bu çalışmada, Aralık 2019'da alınan balık kan hücrelerine 20uM MMS uygulaması yapılmış olup, daha sonrasında ise hücreler, 60uM MMS, 70uM MMS ve 80uM MMS'e maruz bırakılarak bu maddenin genotoksik etkisi gözlenmiştir. Yapılan bu çalışma ile MMS'in konsantrasyonu arttıkça DNA hasarı arasında doğrusal bir ilişkisi olduğu anlaşılmıştır. Aşağıdaki grafikte (Grafik 1.) kan kontrol örneği ile uygulanan 20uM MMS konsantrasyonlarını karşılaştırılacak olursa kontrol kan örneği uygulanan 20uM MMS konsantrasyonuna göre DNA hasarı daha fazla rastlanmıştır. 0, 1, 2, 3. ve 4. dereceden var olan cometler tutarlı bulunmuş olup, MMS'in bu konsantrasyonunun etkisi kontrol gruba göre daha azdır.

**Şekil 1.** *Cyprinus carpio* ve *Esox lucius* ait kan kontrol örnekleri ve 20uM MMS konsantrasyonuna maruz bırakılan hücrelerin comet sınıfları gösterilmiştir.



Şekil 2’de ise comet analizi uygulanan kan örneklerine arttırılmış konsantrasyonlarda MMS’in etkisi görülmektedir. Bu konsantrasyonlarda MMS’in kontrol grubuna göre mutajenik etkisi daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer konsantrasyonlara göre istatistik olarak 60uM MMS hücrede daha fazla DNA hasarına yol açmıştır.

**Şekil 2.** Burada belirtilen balık türlerine ait kan örnekleri ve MMS’in farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılan hücrelerin comet analizi yöntemiyle comet kategorilerine ayrıldığı grafik gösterilmektedir.



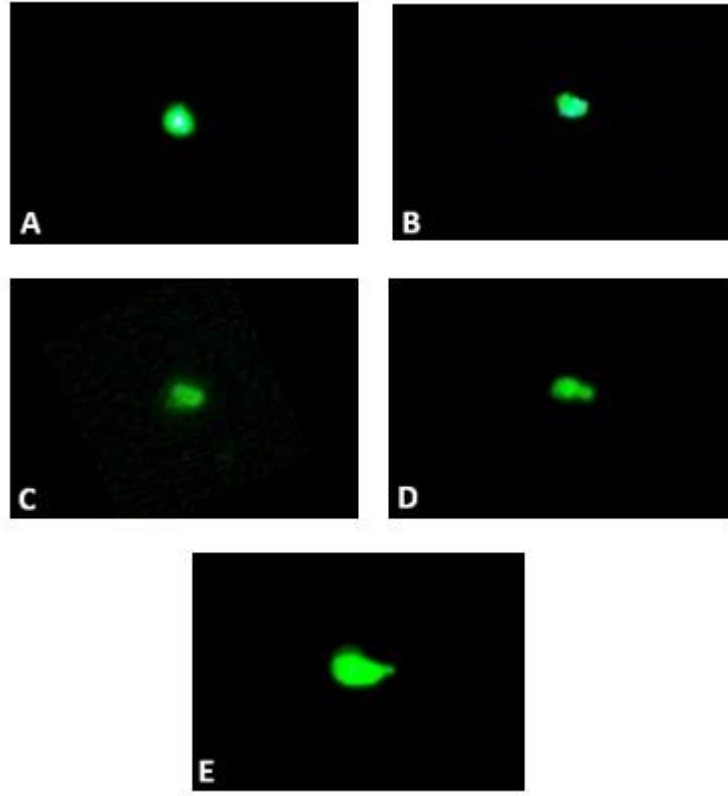
Ortalama arbitrary units değerleri (OAU), gözle ayırt edilen hücreler, comet kategorilerine ayrıldıktan sonra hesaplanmıştır. Buna göre Tablo 1.'de kontrol kan örnekleri ve MMS'in değişik konsantrasyonlarının OAU değerleri verilmiştir. Burada 20uM MMS uygulaması, kontrol örneklerine göre artış vardır, yine control kan örnekleri ile 60uM, 70uM ve 80uM MMS konsantrasyonları karşılaştırıldığında ise 20uM MMS uygulamasından daha fazla DNA hasarı meydana gelmiştir. Son olarak, 70uM MMS uygulaması en yüksek DNA hasarına yol açan bir konsantrasyon olarak saptanmıştır.

**Tablo 1.** Ortalama arbitrary units (OAU) değerleri ( $\pm$ standart sapma). OAU=Örneklerin ortalama arbitrary units değerleri (Veriler,  $p>0.05$  anlamlı farklılık derecesinde değerlendirilmiştir).

Örnekler	Ortalama Arbitrary Units (OAU)
Kontrol	1,298278 $\pm$ 0,2213
20uM MMS	1,540321625 $\pm$ 1,7842
60uM MMS	2,35 $\pm$ 0,8381
70uM MMS	2,937857 $\pm$ 0,696
80uM MMS	2,884167 $\pm$ 0,657

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3) tek hücre jel elektroforezi uygulanan balık hücrelerinin floresan mikroskobundaki görüntüsü verilmiştir. A burada spot görünümünde hasarsız hücreyi temsil etmektedir. B 1. dereceden hasarlı hücreyi, C 2. dereceden hasarlı hücreyi ve D 3. dereceden hasarlanmış hücreyi temsil etmektedir. E'de ise hücrenin çok fazla DNA hasarına uğradığı 4. dereceden comet görünmektedir.

**Şekil 3.** Comet analizinde flouresan mikroskobu ile görüntüleme aşamasında görülen hücrelerdir ve bunlar comet kategorilerini temsil etmektedir. A, hasarsız, spot görünümlü hücreyi, B, 1. derece olan comet kategorisini, C, 2.derece comet kategorisini, D, 3.derece comet kategorisi ve E, çok hasarlı DNA'yı yani 4. derece olan comet kategorisidir.



#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Aralık 2019’da alınan *Cyprinus carpio* ve *Esox lucius* balık türleri üzerinde uygulanan MMS’in farklı konsantrasyonlarındaki değişimi ve mutajenik etkisi tek hücre jel elektroforezi yapılarak gözlenmiştir. Buna göre öncelikle 20uM MMS’in etkisi daha sonrasında ise 60uM, 70uM ve 80uM MMS’in etkisi karşılaştırmalı olarak saptanmaya çalışılmıştır. Burada 70uM MMS maruz kalan kan hücreleri diğer konsantrasyonlardan daha fazla DNA hasarına yol açmıştır.

Metil metansülfonat (MMS)’ın genotoksik ve hücrel etkisi DNA hasarına sebep olmaktadır (Clarkson ve Mitchell, 1979:333–342; Schmid vd., 1978:37–43; Sega vd., 1976:193–211). Bunu DNA molekülüne etil veya metil grupları ekleyerek, kovalent olarak DNA’ya bağlanır ve indirekt etkisini oluşturmak üzere göstermektedir (Franke vd., 2005:279–283). Rigonato vd., (2004:464–468) yaptıkları çalışmada *Corbicula fluminea* adlı bir istiridyeye türünde MMS’in etkisini belirlemek amacıyla

tek hücre jel elektroforezi uygulanmıştır. Bu canlı *in vivo* ortamda MMS'in artan konsantrasyonlarına maruz bırakılıp hasar kayıt altına alınmıştır. Deneyle sonunda çok sayıda comet kategorilerinden en çok rastlanan sınıf 1 ve sınıf 2'deki hücrelerdir. Artan MMS konsantrasyonu ve artmış lezyonlar arasında iyi bir korelasyon ve açık bir şekilde doz-cevap etkisi görülmektedir. de Andrade vd., (2004:57–67), gölden alınan *Mugil sp.* ve *Netuma sp.* türlerine *in vitro* şartlarda 2, 4 ve  $8 \times 10^{-5}$  M MMS'e 1, 2, 6 ve 24 saat, 25 ve 37 °C'ta maruz bırakılıp comet analizi yapılmıştır. Buna göre MMS'in doz-süre yanıtı olarak artan DNA hasarı saptanmıştır. Son olarak, bu çalışma ile de Andrade (2004:57–67) ve Rigonato vd., (2004:464–468) karşılaştırıldığında, comet kategorilerinde arbitrary unit değerleri doza bağlı olarak artmakta ve DNA hasarı meydana gelmektedir.

Tek hücre jel elektroforezi (comet analizi), tek bir hücredeki DNA hasarını saptama kullanılan hızlı, basit ve hassas bir yöntemdir (Rojas, 1996:225–254). Başlıca kullanım alanları ise bio-izleme çalışmaları, genetik toksikoloji, radyobiyojendir (Fairbairn ve O'Neill, 1994:561–567; Anderson vd., 1994:261–271; Singh vd., 1995:563–569). Tek hücre jel elektroforezinin kullanıldığı bu çalışmada DNA hasarı açısından değerlendirilecek olursa MMS'in artan konsantrasyonları kontrole göre istatistiksel olarak bir artış gösterdiği ve DNA hasarının tetiklediği saptanmıştır.

Özetle, bu türler göl için bir biyoindikatör olarak kullanılmış olup, MMS'in bazı konsantrasyonlarındaki mutajenik etkisi araştırılmıştır. Konsantrasyona bağlı olarak balık kan hücrelerinde DNA hasarı artmıştır. Bununla birlikte balık hücrelerinde MMS'in etkisi DNA hasarını saptamada kullanılan farklı yöntemler veya kombine yöntemler de araştırılmalıdır.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2019-08 no.lu proje kapsamında desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- van der Oost, R., Beyer, J. ve Vermeulen, N. P. E. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology* **13**, 57–149.
- Dautremepuits, C., Paris-Palacios, S., Betoulle, S. ve Vernet, G. (2004). Modulation in hepatic and head kidney parameters of carp (*Cyprinus carpio* L.) induced by copper and chitosan. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* **137**, 325–333.
- Mitchelmore, C. L. ve Chipman, J. K. (1998). DNA strand breakage in aquatic organisms and the potential value of the comet assay in environmental monitoring. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* **399**, 135–147.
- Wells, P. G. (1999). Biomonitoring the Health of Coastal Marine Ecosystems – The Roles and Challenges of Microscale Toxicity Tests. *Marine Pollution Bulletin* **39**, 39–47.
- Beranek, D. T. (1990). Distribution of methyl and ethyl adducts following alkylation with monofunctional alkylating agents. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* **231**, 11–30.
- Loeb, L. A. ve Preston, B. D. (1986). Mutagenesis by Apurinic/Apyrimidinic Sites. *Annual Review of Genetics* **20**, 201–230.
- Kammann, U., Riggers, J. C., Theobald, N. ve Steinhart, H. (2000). Genotoxic potential of marine sediments from the North Sea. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* **467**, 161–168.
- Rydberg, B. ve Johanson, K. J. (1978). Estimation of DNA Strand Breaks in Single Mammalian Cells. in *DNA Repair Mechanisms* 465–468.
- Balık, İ., Özkök, R., Çubuk, H. ve Uysal, R. (2004). Investigation of some biological characteristics of the silver crucian carp, *Carassius gibelio* (Bloch 1782) population in Lake Eğirdir. *Turkish Journal of Zoology* **28**, 19–28.
- Apaydın Yağcı, M., Yağcı, A. ve Dölcü, B. (2016). Relationships between the physicochemical parameters and zooplankton in Eğirdir Lake (Turkey). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* **15**, 118–132.
- Ustaoglu, M. R., Balık, S. ve Özbek, M. (2015). Işıklı Gölü (Çivril-Denizli)'nün Mollusca Faunası. *Su Ürünleri Dergisi* **18**, 135-139.

- Collins, A. R. (2004). The comet assay for DNA damage and repair. *Mol Biotechnol* **26**, 249.
- McKelvey-Martin, V. J., Green M. H. L., Schmezer P., Pool-Zobel B.L., De Méo M.P. ve Collins A. (1993). The single cell gel electrophoresis assay (comet assay): A European review. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* **288**, 47–63.
- Azqueta, A., Shaposhnikov, S. ve Collins, A. R. (2009). DNA oxidation: Investigating its key role in environmental mutagenesis with the comet assay. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* **674**, 101–108.
- Clarkson, J. M. ve Mitchell, D. L. (1979). The recovery of mammalian cells treated with methyl methanesulfonate, nitrogen mustard or UV light I. The effect of alkylation products on DNA replication. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* **61**, 333–342.
- Schmid, B., Lee, I. P. ve Zbinden, G. (1978). DNA repair processes in germ cells demonstrated in ejaculated sperms of rabbits treated with methyl methane sulfonate. *Arch Toxicol* **40**, 37–43.
- Sega, G. A., Owens, J. G. ve Cumming, R. B. (1976). Studies on DNA repair in early spermatid stages of male mice after in vivo treatment with methyl-, ethyl-, propyl-, and isopropyl methanesulfonate. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* **36**, 193–211.
- Franke, S. I. R., Prá, D., Erdtmann, B., Henriques, J. A. P. ve da Silva, J. (2005). Influence of orange juice over the genotoxicity induced by alkylating agents: an in vivo analysis. *Mutagenesis* **20**, 279–283.
- Rigonato, J., Mantovani, M. S. ve Jordão, B. Q. (2005). Comet assay comparison of different *Corbicula fluminea* (Mollusca) tissues for the detection of genotoxicity. *Genetics and Molecular Biology* **28**, 464–468.
- de Andrade, V. M., de Freitas, T. R. O. ve da Silva, J. (2004). Comet assay using mullet (*Mugil* sp.) and sea catfish (*Netuma* sp.) erythrocytes for the detection of genotoxic pollutants in aquatic environment. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* **560**, 57–67.
- Rojas, E., Lopez, M. C. ve Valverde, M. (1999). Single cell gel electrophoresis assay: methodology and applications. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications* **722**, 225–254.

- Anderson, D., Yu, T.-W., Phillips, B. J. ve Schmezer, P. (1994). The effect of various antioxidants and other modifying agents on oxygen-radical-generated DNA damage in human lymphocytes in the COMET assay. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* **307**, 261–271.
- Singh, N. P., Graham, M. M., Singh, V. ve Khan, A. (1995). Induction of DNA Single-strand Breaks in Human Lymphocytes by Low Doses of  $\gamma$ -rays. *International Journal of Radiation Biology* **68**, 563–569.
- Fairbairn D. W. ve O'Neill K. L. (1994). The effect of electromagnetic field exposure on the formation of DNA single strand breaks in human cells. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)* **40**, 561–567.

# 17B-ÖSTRADIOL VE 1,2 -DİHİDROKSİ VİTAMİN D3 UYGULANAN DÜZ KAS HÜCRELERİNDE ÇOĞALMA VE APOPTOZ DİNAMİKLERİNİN EPİGENETİK ANALİZİ

**Arş. Grv. Deniz KİBAR**  
Mersin Üniversitesi

**Öğrt. Grv. Derya YETKİN**  
Mersin Üniversitesi

**Arş. Grv. Dr. Hatice ORUÇ DEMİRBAĞ**  
Mersin Üniversitesi

**Prof. Dr. Şakir Necat YILMAZ**  
Mersin Üniversitesi

**ÖZET:** Düz kas hücreleri kan damarlarının önemli bir bileşenidir ve aterosklerotik damar hastalıkları ile arasındaki ilişkiyi gösteren çok sayıda çalışma yapılmıştır. Sunulan çalışmada, kültüre edilmiş sıçan aortik düz kas hücreleri üzerine östradiol ve D vitamini farklı konsantrasyonlarda uygulandı. Çoğalma dinamiklerini göstermek için gerçek zamanlı hücre analizi yöntemi, apoptoz oranlarını belirlemek için aktif kaspaz-3 işaretlemesi yapıldı. Ayrıca, epigenetik ve östrojen reseptörlerindeki değişiklikleri belirlemek için DNMT1, DNMT3a, östrojen reseptör alfa ve beta antikoru ile işaretlemeler yapıldı. Bulgular incelendiğinde hormonların düz kas hücre çoğalması üzerine anlamlı etki göstermediği, apoptozda önemli rol oynadığı, epigenetik olarak da daha çok DNMT3a üzerinden etki gösteriyor olabilecekleri sonucuna varıldı. Bu çalışma Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2015-tp2-1363 proje numarası ile desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** 1,25-Dihidroksi Vitamin D3, 17β-Östradiol, Epigenetik, Apoptoz.

**The Epigenetic Analysis of the Effect of 17β-Estradiol and 1,25-Dihydroxy vitamin D3 on the Proliferation and Apoptosis Dynamics of Smooth Muscle Cells**

**ABSTRACT:** Smooth muscle cells are an important component of blood vessels, and there have been many studies showing its association with

atherosclerotic vascular diseases. In this study, different concentrations of estradiol and vitamin D were applied on cultured rat aortic smooth muscle cells. Real-time cell analysis method was used to show proliferative dynamics and active caspase-3 labeling was used to determine apoptosis rates. In addition, markings were made with DNMT1, DNMT3a, estrogen receptor alpha and beta antibodies to determine epigenetic and estrogen receptor changes. In the light of these findings, it was concluded that hormones do not have a significant effect on smooth muscle cell proliferation, play an important role in apoptosis, and may act epigenetically through DNMT3a. This study was supported by Mersin University Scientific Research Projects Unit with project number 2015-tp2-1363.

**Keywords:** 1,25-Dihydroxy vitamin D3, 17 $\beta$ -Estradiol, Epigenetics, Apoptosis.

## 1.GİRİŞ

Vasküler düz kas hücreleri kan damarlarının duvarının yapısal bütünlüğünü sağlayan hücresel komponentleridir ve vazoaaktif uyaranlara karşı kasılma ya da gevşeme yoluyla dinamik bir şekilde yanıt verirler (Nofer, JR., 2012). Diferansiye olmuş düz kas hücreleri kasılabilme karakteristiğine özgü spesifik kontraktıl proteinlere, iyon kanallarına ve yüzey reseptörlerine sahiptir. Bu fonksiyonlarına ek olarak gelişim sürecinde ve hasara yanıt durumlarında ekstraselüler matriks sentezleyen proliferatif ve migratör kimliğe bürünürler. Hangi formda olursa olsun, inme ve ateroskleroz gibi bozukluklarda yaklaşım yöntemlerinin geliştirilmesi, in vitro ortamda kolaylıkla manipüle edilebilen kültüre düz kas hücrelerinde yapılan araştırmalarla mümkündür.

Vasküler dokularla ilişkili hücrelerde sıklıkla çalışılan faktörlerden biri de steroid hormonlardır. Steroid hormonlar gonadlarda, adrenal bezlerde, plasenta ve beyinde sentezlenmektedir. Bu hormonların öncülü kolesteroldür ve kolesterol dehidroepiandrosterona veya pregnenolona dönüştürülür. Dehidroepiandrosteron ve pregnenolon birkaç enzimatik reaksiyondan sonra testosteron sentezleyebilir ve testosteron da östradiole dönüştürülebilir (Somjen D ve arkadaşları, 2005). Östrojen gonadlarda ve placentada sentezlenen ve kolesterol kökenli lipofilik moleküller olan steroidler sınıfına aittir. Östron, östrien ve östradiol, östrojen hormonunun üç majör formunu oluştururlar ve bu formlardan biyolojik olarak aktif olanı, östradiolün alt formu olan 17- $\beta$  östradioldür. 17- $\beta$ -östradiol östrojenin bir hidroksil grubunun beta konformasyonunda bulunmasıyla oluşur ve steroidler sınıfına dahil olduğu için hücre membranını kolaylıkla geçip nükleer reseptörlerine tutunarak çeşitli reaksiyonlar için gen

ekspresyonunu başlatır. Östradiolün nükleer reseptörlerinin (NER) yanısıra membran reseptörleri de (MER) vardır ve bu reseptörler  $\alpha$  veya  $\beta$  (NER $\alpha$ , NER $\beta$ , MER $\alpha$ , MER $\beta$ ) olarak isimlendirilirler. Östradiol reseptörüne tutunduğu zaman, bu bağlanma DNA'nın belli bazı bölgelerinin açılarak okunması için gerekli olan transkripsiyon faktörleri olarak işlev görürler (Nofer, JR., 2012). Somjen ve arkadaşları (2000) kültüre vasküler düz kas hücrelerinde çeşitli androjenlerin etkisini incelemiş ve düşük dozdaki östrojenin hücre proliferasyonunu arttırırken yüksek dozların hücre proliferasyonunu negatif etkilediğini göstermiştir.

Düz kas hücrelerini etkileyen bir diğer faktör ise vitamin D ve analoglarıdır. Vitamin D vücuda güneşe maruziyetle deri yoluyla ve/veya beslenmeyle alınabilir. Dolaşımda vitamin D, çoğunlukla taşıyıcı proteini olan vitamin D-bağlayıcı proteine (DBP) bağlı olarak bulunur. Dolaşımda ve dokularda sıklıkla gözlenen metaboliti inaktif formdaki 25-hidroksi Vitamin D (25[OH]D)'dir. CYP27B1 enzimi 25-hidroksi Vitamin D (25[OH]D)'yi aktif formu olan 1,25-dihidroksi vitamin D (1,25(OH)2D)'ye dönüştürür. 1,25(OH)2D, etkisini hücre içi reseptörlerine (VDR) bağlanarak ve bu yolla bazı genlerin transkripsiyonunu aktive ya da inhibe ederek gösterir (Gangula P ve arkadaşları, 2013). Etkisinin büyük bir kısmı böbreklerde olmasına rağmen VDR eksprese eden pek çok farklı hücre vardır ve bu hücrelerden kardiyovasküler sistemde yer alan kısmını düz kas hücreleri, kardiyomiyositler ve vasküler endotelial hücreleri oluşturmaktadır (9). Somjen ve arkadaşları (2014) düz kas hücrelerinde vitamin D uygulamasının bu hücrelerde bulunan reseptörler aracılığıyla proliferasyonu düzenlediklerini göstermişlerdir. Araştırmacılar ayrıca vitamin D bileşiklerinin 17- $\beta$  östradiol varlığında ER $\alpha$  ve ER $\beta$  nin mRNA ekspresyonlarını modüle ettiklerini göstermişlerdir (Conelly JJ, 2013).

Epigenetik, DNA üzerinde meydana gelen değişikliklerle açıklanamayan, gen fonksiyonu üzerinde gözlenen mitotik ve mayotik olarak kalıtsal değişimler şeklinde tanımlanmaktadır. Gen fonksiyonundaki bu değişimler gen ekspresyonunun aktifleşmesi ya da inaktifleştirilmesi sonucu gözlenir ve major mekanizmalar; DNA ve RNA da yani nükleotit düzeyindeki kimyasal modifikasyonlar, histon varyantları ve post-translasyonel histon modifikasyonlarını içeren histon düzeyi değişiklikler ve nükleozomal DNA'nın yeniden biçimlendirilmesi olarak üç kısma ayrılmaktadır (Graff J ve arkadaşları, 2011). Kim ve arkadaşları (2007) östradiolün vasküler etkisini östradiol reseptör  $\beta$  üzerinde meydana gelen epigenetik değişiklikler yoluyla göstermiş ve bu reseptör genindeki metilasyonun vasküler yaşlanma ve aterosklerotik dokularla ilişkisini açığa çıkarmıştır. Vitamin D nin vasküler düz kas hücrelerinin VDR aktivasyonu ile ilişkili epigenetik mekanizmaları incelendiğinde daha çok spesifik mikro RNA ların oluşumunun etkili olduğu bulunmuştur (Maegdefessel L ve

arkadaşları, 2015). Öte yandan vitamin D nin düz kas hücrelerinin östrojen reseptörlerinde meydana getirdiği epigenetik değişimler çok fazla incelenmemiştir ve literatürdeki bu açığın kapatılması klinik açıdan büyük önem taşımaktadır.

Literatürde kardiyovasküler hasarlarda düz kas hücrelerini inceleyen araştırmalara ve bu hasarlara verilen hücresel yanıtlarda östradiolün etkisini inceleyen in vitro ve in vivo çalışmalara rastlanmaktadır. Bunun yanı sıra düz kas hücre proliferasyonunda vitamin D3 ün etkili olduğunu ve bu hücrelerin vitamin D3 yoksunluğu durumlarında apoptoza uğradığını gösteren çalışmalar da mevcuttur. Vasküler hasarda ayrı ayrı veya kombine bir östradiol vitamin D3 tedavisinin etki mekanizmalarının anlaşılması klinik açıdan ciddi bir öneme sahiptir. Fizyolojik koşullarda düz kas hücrelerinin proliferasyon veya apoptozunda etkin olan epigenetik mekanizmaların incelendiği in vitro bir çalışmaya rastlanmamakla birlikte, çalışmamız, kardiyovasküler bozuklukların tedavisi veya önlenmesi açısından önemli olan östradiol ve vitamin D3 ün bu mekanizmaları ne yönde değiştirdiğini ortaya çıkarmayı hedeflemiştir.

## 2.GEREÇ VE YÖNTEM

Sıçan aortik düz kas hücreleri ticari olarak R-ASM-580 kodu ile LONZA firmasından satın alındı. Bu hücreler adheran özellikte hücrelerdir ve epitelyal morfolojiye sahiptirler. 17- $\beta$  östradiol (SIGMA, Kat No: E4389) ve 1,25- $\alpha$ -Dihidroksi vitamin D3 (CAYMAN CHEMICALS Kat No: 32222-06-3) ile deney tasarımıza göre son konsantrasyonları 1 nM, 10 nM ve 100 nM elde edebilmek amacıyla çalıştığımız hücre hattına uygun katkılı medyum kullanılarak hormon solüsyonları hazırlandı.

Gerçek-zamanlı hücre ölçümleri sürekli bir şekilde impedans okuma yöntemiyle çalışan x-CELLigence cihazı kullanılarak gerçekleştirildi. Sürekli hücre proliferasyonu izleme, ilaç-aracılı sitotoksitenin zaman çözümülemesini yapmamıza yardımcı olur. Bu sayede istenen madde için selektif zaman noktaları seçilebilir veya hücre ölümü modunu anlayabilmek adına daha spesifik sonlandırma tahlilleri (apoptoz) yapılabilir. Çalışmamızda gerçek zamanlı hücre analizi için n=4 tekrar yapıldı.

İmmünofloresan işaretleme metodu düz kas hücrelerinde bulunan ER  $\alpha$  ve  $\beta$ 'nin farklı hormonlara veya bu hormonların kombine verildiği durumlara DNA metilasyonu yoluyla ekspresyon seviyesindeki değişimleri gösterebilmek amacıyla yapıldı. Ayrıca belirlenen gruplar arasındaki apoptoz dinamiklerinin incelenmesi amacıyla kaspaz 3 belirteci kullanılarak immünofloresan işaretleme de yapıldı. Tüm deneyler için n=4 tekrar yapıldı ve herbir n için 10 hücre sayılarak analizler gerçekleştirildi.

Floresan mikroskopla elde edilen resimlerdeki hücre işaretlenme yoğunlukları, Amerikan Ulusal Sağlık Enstitüsü (National Institutes of Health-NIH) tarafından üretilmiş ve ücretsiz olarak dağıtılan ImageJ yazılımıyla analiz edildi. Her grubun h skor ortalaması için de grup içindeki deneklerin H skorları toplandı ve denek sayısına bölünerek ortalamaları alındı. İstatistiksel karşılaştırmalar bu ortalamalar üzerinden gerçekleştirildi. Her bir deneğin H skorunun hesaplanmasının formülü şu şekildeydi:  $1 \times (1 \text{ puan alan hücre yüzdesi}) + 2 \times (2 \text{ puan alan hücre yüzdesi}) + 3 \times (3 \text{ puan alan hücre yüzdesi}) + 4 \times (4 \text{ puan alan hücre yüzdesi})$ .

Tüm gruplardaki apoptoz oranını karşılaştırmak için apoptotik indeks hesaplamaları yapıldı. Bu amaçla aşağıda yazılı formül kullanıldı. Apoptotik hücreleri belirlemek için aktif kaspaz-3 işaretlenmesi yapıldı. İşaretlenme sonrası 4 farklı alandan 10 hücre olmak üzere her bir grupta tekrarlar ile beraber rastgele 40 hücre sayıldı.

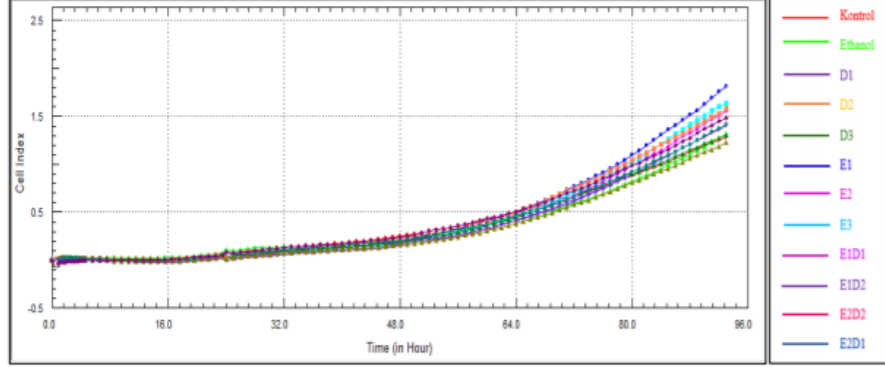
$$\text{Apoptotik İndeks} = (\text{Apoptotik Hücre Sayısı} / \text{Toplam Hücre Sayısı}) \times 100$$

İstatistiksel analiz için SPSS 11,5 for Windows (Statistical Programme for Social Sciences) paket programı kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık  $p < 0.05$  alındı.

Verilerin analizinde deskriptif analizler uygulandı. Verilerin her grupta normal dağılıma uygunluk kontrollerine Shapiro Wilk testi ile bakıldı. Dağılım normal dağılıma uygun bulundu. Veriler için tanımlayıcı istatistik olarak ortalama ve standart değerleri verildi. Gruplar arasında farklılık olup olmadığının testinde one-way ANOVA analizi kullanıldı. Posthoc testi için kontrol grubuna ilişkin ikişerli karşılaştırmalarda Duncan testi ve her grubun birbiri ile ikişerli karşılaştırmalarında Bonferroni testi tercih edildi. Grup ortalamaları arasındaki farklılık grafiği için Error Bar kullanıldı.

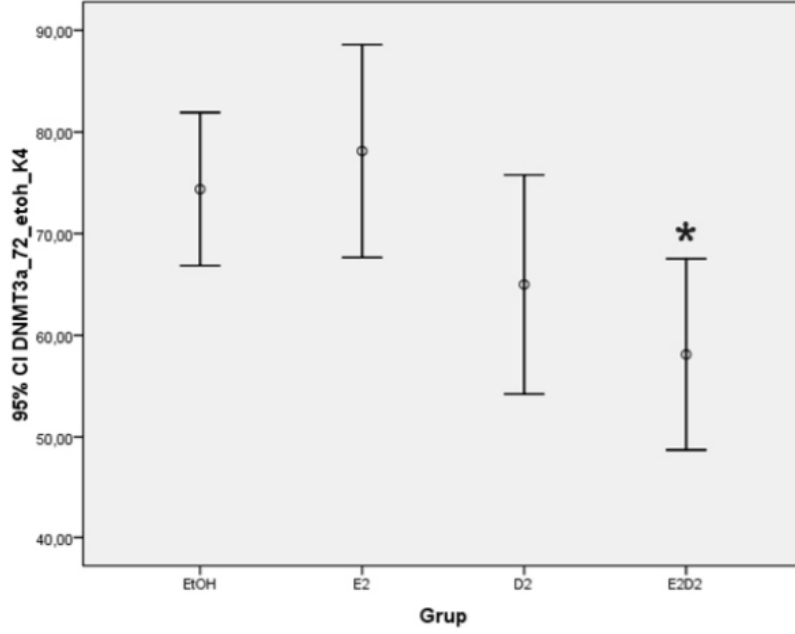
### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Aortik düz kas hücrelerinin farklı hormonlara ve bunların farklı konsantrasyonlarına verdiği proliferasyon yanıtını değerlendirebilmek için yapılan gerçek zamanlı hücre analiz çalışmasında elde edilen proliferasyon eğrilerinin zamana bağlı grafiği çıkarıldı (Şekil 1). Elde edilen veriler, cihazın yazılımı tarafından hücre indeksi cinsinden sayısallaştırıldı. Kullanılan hormon konsantrasyonlarının ve kombinasyonlarının, kontrol grubu, etil alkol grubu ve kendi aralarında düz kas hücre proliferasyonu üzerine anlamlı bir fark ortaya çıkarmadığı görüldü.



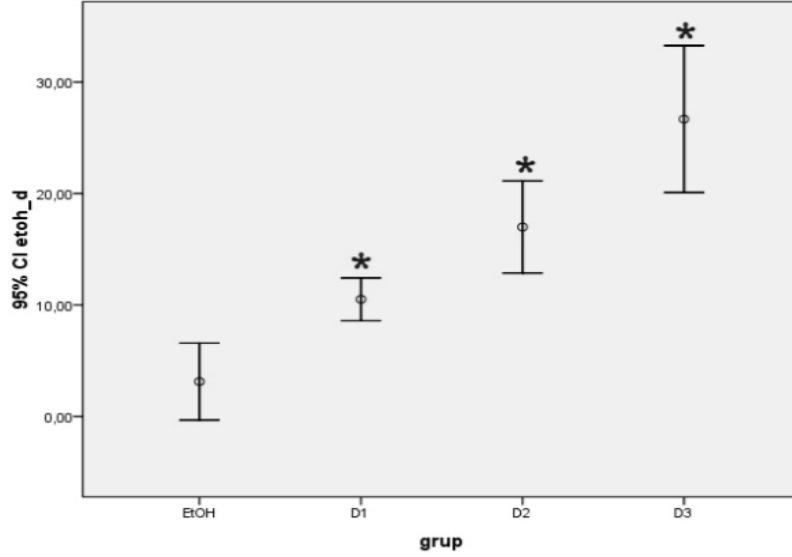
Şekil 1. Gerçek-zamanlı hücre analizi proliferasyon eğrileri. D1: 1 nM vitamin D3; D2: 10 nM vitamin D3; D3: 100 nM vitamin D3; E1: 1 nM östradiol; E2: 10 nM östradiol; E3: 100 nM östradiol; E1D1: 1 nM östradiol+1 nM vitamin D3; E1D2: 1 nM östradiol+10 nM vitamin D3; E2D2: 10 nM östradiol+10 nM vitamin D3; E2D1: 10 nM östradiol+1 nM vitamin D3.

İmmünofloresan işaretlemeler sonucunda DNMT1 enzimi hücre çekirdeklerinde lokalize olarak gözlemlendi. Aynı şekilde DNMT3a da nükleer yerleşimliydi. Östrojen reseptör alfa ve östrojen reseptör beta ise nükleer, sitoplazmik ve membranöz olarak izlendi. Farklı zamanlarda yapılan boyamalar arasında işaretlenme lokalizasyonu açısından fark görülmedi. İşaretlenme yoğunluğu açısından bir fark olup olmadığı ise H skorlaması ile gösterildi. 72 saat hormon uygulanan gruplarda DNMT3a enzimi için gerçekleştirilen H skorları karşılaştırıldığında, etil alkol ile 10 nM östradiol ve 10 nM östradiol+10 nM vitamin D3 grupları karşılaştırıldığında, 10 nM östradiol+10 nM vitamin D3 grubunda DNMT3a için H skorunun istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azaldığı belirlendi ( $p<0,05$ ) (Şekil 2).



Şekil 2. DNMT3a işaretlenme yoğunluğunun 72 saat uygulanan etanol ile 10 nM östradiol (E2), 10 nM vitamin D3 (D2) ve 10 nM östradiol+10 nM vitamin D3 kombine grupları (E2D2) arasında karşılaştırılması. Asterisk: Anlamli fark çıkan gruplar.

Aktif Kaspaz 3 antikoruna ile işaretlenen örneklerde pozitif boyanan apoptotik hücrelerin sağlıklı hücrelere oranı çıkartılarak apoptotik indeksler hesaplandı. Kontrol grubu ile üç farklı östradiol konsantrasyonu grubu arasında apoptotik indeksler açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı. Etil alkol ile üç farklı vitamin D3 konsantrasyonu grubu arasında yapılan karşılaştırmalarda, vitamin D3'ün apoptozu istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırdığı saptandı. Bu artış, vitamin D3'ün dozu ile doğru orantılıydı (Şekil 3).



Şekil 3. Etanol ile 1 nM vitamin D3 (D1), 10 nM vitamin D3 (D2) ve 100 nM vitamin D3 (D3) gruplarının apoptotik indekslerinin karşılaştırılması. Asterisk: anlamlı fark çıkan gruplar.

17 $\beta$ -östradiolün farklı konsantrasyonlarının (1 nM, 10 nM ve 100 nM) in vitro ortamda sıçan aortik düz kas hücrelerinin proliferasyon dinamiklerine etkisi gerçek zamanlı hücre analizi yöntemiyle araştırılmış ancak bu hücrelerde proliferasyonu artırıcı ya da azaltıcı etkileri saptanamamıştır. Benzer şekilde 1,25 $\alpha$ -Dihidroksi vitamin D3' ün farklı konsantrasyonlarının (1 nM, 10 nM ve 100 nM) in vitro ortamda sıçan aortik düz kas hücrelerinin proliferasyon dinamiklerine etkisi gerçek zamanlı hücre analizi yöntemiyle araştırılmış ancak bu hücrelerde proliferasyonu artırıcı ya da azaltıcı etkileri saptanamamıştır. Bu iki hormonun birbirlerini indükleyebileceğini ve etkilerini arttırabileceğini düşündüğümüz kombine gruplarda da gerçek zamanlı hücre analizi yöntemiyle anlamlı bir mitojenik veya anti-mitojenik etki bulunamamıştır. İlaç veya hormon uygulaması için in vitro ortamda hücrelerin bölünme siklusunu senkronize etmek amacıyla starvasyon medyumunu uygulanması daha tutarlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine yardımcı olabilir. Ayrıca bu çalışmanın in vivo olarak da tekrarlanması düşünülmektedir. Böylece bu hormonların hücre kültürü ortamında bulunmayan faktörlerin varlığında etkilerinin değerlendirilmesi de mümkün olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Connelly JJ. (2013). Epigenetic regulation of COL15A1 in smooth muscle cell replicative aging and atherosclerosis. *Human Molecular Genetics*, 22 (25): 5107–5120
- Gangula P, Dong YL, Al-Hendy A, Richard-Davis G, Valerie MR, Haddad G, Millis R, Nicholas SB, Moseberry D. (2013). Protective cardiovascular and renal actions of vitamin D and estrogen. *Front Biosci (Schol Ed)*, 5: 134–148.
- Gomez D, Swiatlowska P, Owens GK. (2015). Epigenetic Control of Smooth Muscle Cell Identity and Lineage Memory. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.*, 35 (12): 2508-16.
- Graff J, Kim D, Dobbin M, Tsai L. (2011). Epigenetic Regulation of Gene Expression in Physiological and Pathological Brain Processes. *Physiol Rev*, 91: 603–649.
- Liu R, Leslie KL, Martin KA. (2015). Epigenetic regulation of smooth muscle cell plasticity. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Gene Regulatory Mechanisms*, 1849(4): 448–453.
- Nofer JR. (2012). Estrogens and atherosclerosis: insights from animal models and cell systems. *Journal of Molecular Endocrinology*, 48: R13–R29.
- Somjen D, Kohen F, Jaffe A, Amir-Zaltsman Y, Knoll E, Stern N. (2000). Vitamin D Analogs Modulate the Action of Gonadal Steroids in Human Vascular Cells In Vitro. *AJH*, 13:396–403.
- Somjen D, Kulesza U, Sharona O, Knoll E, Stern N. (2014). New vitamin D less-calcemic analog affect human bone cell line and cultured vascular smooth muscle cells similar to other less-calcemic analogs. *Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology*, 140: 1–6.
- Somjen D, Weisman Y, Kohen F, Gayer B, Limor R, Sharon O, Jaccard N, Knoll E, Stern N. (2005). 25-hydroxyvitamin D3-1 $\alpha$ -hydroxylase is expressed in human vascular smooth muscle cells and is upregulated by parathyroid hormone and estrogenic compounds. *Circulation*, 111:1666–1671.



# PREMATÜR OVER YETMEZLİĞİNDE ADİPOZ KÖKENLİ MEZENKİMAL KÖK HÜCRELERİN FOLİKÜLOGENEZ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

**Araş. Gör. Dr. Hatice ORUÇ DEMİRBAĞ**

Mersin Üniversitesi

**Prof. Dr. Ebru BALLI**

Mersin Üniversitesi

**Araş. Gör. Deniz KİBAR**

Mersin Üniversitesi

**ÖZET:** Prematür over yetmezliği (POF), kadınlarda infertilitenin en yaygın nedenlerinden biridir. Bu çalışmada DOX ile indüklenmiş POF'ta adi-poz kökenli mezenkimal kök hücrelerin(AKMKH) follikülogenez üzerine etkileri histomorfolojik olarak incelendi. 23 adet Wistar Albino dişi sıçan 3 gruba ayrıldı; kontrol grubuna hiçbir işlem yapılmadı, POF grubuna 10 mg/kg DOX uygulandı, kök hücre (KH) grubuna 10 mg/kg DOX verildikten bir gün sonra  $2 \times 10^6$  AKMKH uygulandı. 21 gün sonra ovaryumlar alındı. Dokulardan seri kesitler alındı ve her beşinci kesitteki foliküller sayıldı. Siklus takibi için smear alındı. Deneklerin ağırlıkları tartıldı. Ağırlıkların POF ve KH grubunda kontrol grubuna göre azaldığı, POF ve KH grubu kıyaslandığında ise POF grubunun daha düşük olduğu gözlemlendi. Ovaryum boyutlarının POF grubunda diğer grup-lara göre az olduğu bulunurken kök hücre grubu ile kontrol grubu arasında her-hangi bir fark gözlenmedi. Kontrol ve KH gruplarına göre POF grubunun öst-rus siklusunun düzensizleştiği, siklus süresinin anlamlı olarak arttığı bulundu. POF grubunda KH grubundan daha fazla olmakla birlikte dejenere oosit ve gra-nüloza hücrelerinde apoptoz gözlemlendi. POF grubunda primordiyal, primer, se-konder foliküllerin kontrole göre azaldığı atretik foliküllerin ise arttığı bulundu. KH grubunda sadece primordiyal ve primer foliküllerde azalma gözlemlendi. Sonuç olarak bu çalışmada prematür over yetmezliği oluşturulan sıçanlara tedavi ama-cıyla uygulanan AKMKH'lerin folikül sayısını koruduğu, folikülogenezi kıs-men düzelttiği gösterildi.

**Anahtar Kelimeler:** İnfertilite, kök hücre, folikülogenez

## **Investigation of the Effects of Adipose Derived Mesenchymal Stem Cells on Folliculogenesis in Premature Ovarian Failure**

**ABSTRACT:** Premature ovarian failure (POF) is one of the most common causes of infertility in women. We aimed to see the effects of adipocyte-derived mesenchymal stem cells (ADMSCs) on folliculogenesis in DOX-induced POF. 23 rats were divided into 3 groups; control rats received no treatment, POF group were given 10 mg/kg DOX, 2x10<sup>6</sup> ADMSCs were administered one day after 10 mg/kg DOX given to the subjects in ADMSCs group. After 21 days ovarian tissues were removed. The follicles in each fifth section were counted in serial section. Smears were evaluated for the estrous cycles. The weights of the subjects were measured, in POF and ADMSCs groups were found to be lower than control group. The ovarian dimensions of the POF group were found to be less than the other groups, no difference was observed between the ADMSCs and control group. The estrous cycle of the POF group became irregular, the cycle time increased significantly. In the POF group, apoptotic granulosa cells and degenerated oocytes were observed, the number of primordial, primary and secondary follicles were decreased compared to the control. In the ADMSCs group primordial and primary follicles decreased. To conclude, ADMSCs preserved the number of follicles and partially corrected folliculogenesis.

**Key Words:** Infertility, stem cell, folliculogenesis

### **1. GİRİŞ**

Kanser anormal hücre büyümesi ve çoğalması ile ortaya çıkan dünya çapında önde gelen ölüm nedenlerinden biri olan karmaşık bir hastalıktır (Baykara, 2016:154; Benjanuwattra vd., 2020:104542). Kanser tedavisinde kemoterapi, cerrahi yöntemler ve radyoterapiye ek olarak hormon terapisi, gen terapisi ve hedeflenmiş terapiler gibi yöntemler de kullanılmaya başlanmıştır (Baykara, 2016:154). Kanser tedavisinde kullanılan kemoterapi en başarılı terapötik stratejilerden biridir. Kemoterapötik ajanların etkinliği, çeşitli kanser türlerine sahip hastaların hayatta kalma oranlarında büyük bir artışa yol açmıştır (Ongnok, 2020:113118). Kemoterapötik bir ajan olan doksorubisin (DOX), diğer adıyla adriamisin, çeşitli kanser türlerinin tedavisinde yaygın olarak kullanılır (Mohan ve Rapoport, 2010:1959; Keizer vd., 1990:219). Bu ilaç antrasiklin antibiyotik ailesine aittir (Armstrong ve Dass, 2018:432). DOX en sık mesane, meme, mide, akciğer, over, tiroid ve Hodgkin lenfoma kanserlerini tedavi etmek için kullanılır (Rivankar, 2014:853). Doksorubisinin akut yan etkilerinin yanı

sıra böbrek, kalp, bağırsak, testis ve ovaryum gibi çeşitli dokulara toksik etkisi mevcuttur (Armstrong ve Dass, 2018:432; Fahim vd., 2011:3836; Smart vd., 2018:1773; Kano vd., 2017:E1688). Ayrıca DOX ovaryum üzerinde toksik etkiye sahiptir (Morgan vd., 2013:e70117). Ovaryumlardaki DOX hasarı, hücre çekirdeğine DOX'un taşınması ve DNA interkalasyonu sonrasında topoizomera II'ye bağlı çift zincir DNA kırılmalarının oluşumunu içerir (Roti ve Salih, 2012:1). Ovaryumlarda DOX kan damarlarının zarar görmesine ve stroma hücrelerinin apoptozuna neden olur (Lopes vd., 2020:193). Granüloza hücrelerinde DOX kullanımı sonrasında ROS üretiminin arttığı, mitokondriyal membran potansiyelinin azaldığı, p53, Bcl-2 ve Bax mRNA ekspresyonunun arttığı ve buna bağlı olarak DOX'un granüloza hücrelerinde apoptoza yol açtığı rapor edilmiştir (Zhang vd., 2017:1). DOX granüloza hücreleri dışında oositlerin de apoptozunu indüklemektedir (Bar-Joseph vd., 2010:566). DOX tedavisi ovaryumda bulunan tüm foliküllerin sayısının azalmasına ve primordiyal folikül havuzuna ciddi hasar vererek over rezervinin azalmasına neden olur (Ben-Aharon vd., 2010:20; Maltaris vd., 2007:148; Kerry vd., 2012:469). Primordiyal folikül sayısında azalma prematür over yetmezliğine yol açabilir. Bu yüzden de kadın fertilitésinin korunması önem kazanır (Familiari vd., 1993:2080). [98]. Kanseri tedavisi gören hastalarda tedavi sonrasında fertilitenin korunması için medikal ve cerrahi yöntemler mevcuttur (Yavuzkır vd., 2015:57). Tedaviye başlamadan önce oosit ve embriyo dondurma işlemleri yapılabilir. Bunlara ek olarak antioksidanlar, GnRH antagonistleri, gonadotropin analogları ve kök hücre uygulamaları gibi teknikler ile ilgili araştırmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır (Azem vd., 2008:535; Meirou vd., 2004:1294; Yeh vd., 2008:463; Sun vd., 2013:2013).

MKH'lerin çeşitli dokulardan kolay elde edilebiliyor olması, farklılaşma ve kendini yenileyebilme özelliklerine sahip olması, etik açıdan çok problemi olmaması gibi özellikleri sayesinde rejeneratif tıp, hücre tedavileri ve doku tamiri konularında tercih edilmesini sağlamıştır (Can, 2014:363; Horwitz vd., 2005:393). Rejeneratif tıp, hücre tedavileri ve doku tamirinde kullanılan erişkin kök hücreler arasında en avantajlısı AKMKH'ler görülmektedir. En önemli avantajları hastada fazla miktarda bulunması ve hastadan kolaylıkla elde edilebiliyor olmasıdır (Bacakova vd., 2018:1111; Mizuno, 2013:132).

Bizde çalışmamızda sıçanlarda doksorubisin ile indüklenmiş prematür over yetmezliği modelinde adipoz kökenli mezenkimal kök hücrelerin follikülogenez üzerine etkinliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

### 2.1. Deney Hayvanlarının Elde Edilmesi ve Deney Gruplarının Oluşturulması

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Hayvan Deneyleti Etik Kurulu tarafından onaylandı. Çalışmamızda düzenli östrus siklusuna sahip 10 haftalık 23 adet Wistar Albino dişi sıçan kullanıldı. Denekler kontrol grubu, POF grubu, kök hücre (KH) grubu olmak üzere 3 gruba ayrıldı. Kontrol grubundaki (n=7) deneklere hiçbir işlem yapılmadı. POF grubundaki (n=8) deneklere tek doz 10 mg/kg doksorubisin intraperitoneal olarak enjekte edildi. KH grubundaki (n=8) deneklere ise tek doz 10 mg/kg doksorubisin intraperitoneal olarak enjekte edildikten bir gün sonra  $2 \times 10^6$  adipoz kökenli kök hücre intraperitoneal olarak uygulandı.

Tüm gruplardaki deneklerin siklus takibi için deney süresince sabah saat 9.00'da günlük vajinal smear alındı. Alınan vajinal smear örnekleri %1'lik toluidin mavisi ile boyanıp değerlendirildi. Ayrıca tüm deneklerin ağırlıkları çalışmanın başında ve sonunda tartılarak değerlendirildi.

### 2.2. Adipoz Kökenli Mezenkimal Kök Hücre İzolasyonu

Adipoz kökenli kök hücrelerin izolasyonu için anestezi altındaki 8 haftalık Wistar Albino cinsi dişi sıçanın inguinal bölgesinden adipoz doku alındı. Alınan adipoz steril ortamda küçük parçalara ayrıldı. Parçalanmış dokular % 0,1'lik konsantrasyonda kollajenaz I (Sigma, Collagenase, C-6885, Lot 114K8633) içeren besiyerine koyularak 37 °C'de 45 dakika inkübe edildi. Bu süre sonunda enzimatik yöntemle ayrılan hücreler ile parçalanmamış doku parçaları 70 µm'lik naylon hücre süzgeci yardımıyla ayrıldı. Altta kalan süspansiyon 200 g'de 5 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatant uzaklaştırıldı. Pellet ise %10 fetal sıçır serumu (FBS, S181G-100, Biowest), %2 L-glutamin (Lonza, cat DE17-602E, Lot 5MB135, Belçika) ve %1 penisilin-streptomisin (Lonza, cat BE17-605E, Lot 5MB180, Belçika) içeren düşük glukozlu Dulbecco's Modified Eagles Medium (L-DMEM, Biological Industries, Lot 1910372, İsrail) ile resüspanse edildi. Hücreler uygun flasklara ekildi. Flasklar 37 °C'de %5 CO<sub>2</sub> inkübatöründe inkübe edildi. Hücreler %70-80 konfluent hale geldiğinde pasajlama yapıldı ve hücreler 3. pasaja kadar getirildi. 3. pasajdaki hücreler KH grubundaki her bir sıçana 10 µL serum fizyolojik içerisinde  $2 \times 10^6$  kök hücre olacak şekilde intraperitoneal olarak uygulandı.

### 2.3. Histokimyasal İnceleme

21 günün sonunda denekler sakrifiye edildi ve ovaryumları disseke edildi. Deneklerden alınan ovaryumlar ışık mikroskopik değerlendirmeler için %10'luk tamponlanmış formaldehitte 48 saat fikse edildi. Fikse edilen dokular musluk suyunda 12 saat yıkandıktan sonra rutin doku takibi yapıldı. Doku takibi sonucu elde edilen parafin bloklardan rotary mikrotom (Leica® RM2125RT, Leica Avusturya-Viyana) ile 5 µm'lik kalınlıkta seri kesitler alındı. Folikül sayımı için tüm over dokusundan alınan seri kesitlerden her beşinci kesit hematoxilen-eozin (H-E) ile boyandı. H-E ile boyanan ortalama 80 kesitte primordiyal, primer, sekonder, tersiyer foliküllerin ve atretik foliküllerin sayımı yapıldı. Folikül sayımı aşağıdaki kriterler dikkate alınarak gerçekleştirildi.

- Oosit tek katlı yassı foliküler hücre tabakasıyla çevrili ise primordiyal folikül,
- Primer oosit tek katlı ya da daha fazla kübik granüloza hücre tabakasıyla çevriliyse primer folikül,
- Granüloza hücrelerinin arasında sıvı dolu kaviterler oluşmaya başladıysa, bu kaviterler birleşip antrum adı verilen hilal biçimli tek bir kavite oluşmuş ise sekonder folikül,
- Folikül çapı ve antrumu maksimum boyuta ulaşmış, granülozum tabakası incelmış, korona radyata ve kumulus ooforus yapıları belirginleşmiş ise tersiyer folikül olarak isimlendirildi.

Hazırlanan kesitler Olympus BX50TM (Olympus GmbH, Almanya) ışık mikroskobu ile incelenip Olympus LC30 dijital kamera (Olympus LC30 Olympus Soft Imaging Solutions GmbH, Almanya) ile görüntülendi.

### 2.4. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz için SPSS 11.5 paket programı kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluk kontrollerine Shapiro Wilk testi ile bakıldı. Normalite testine göre  $p>0,05$  anlamlılık değeri elde edilen veri setleri normal olarak kabul edilip, One-Way ANOVA testi ile parametrik olarak analiz edildi. One-Way ANOVA testinde anlamlı bulunan parametreler için, anlamlılığın hangi ikili gruplar arasındaki farklılıktan kaynaklandığını gözlemek için Tukey post-hoc testi uygulandı. Gruplar arasında ikili karşılaştırmalarda Student-t testi kullanıldı. Student-t testi içerisindeki Levene testinde anlamlılık düzeyi  $p>0,05$  çıkan veri setleri varyans değişkenliği açısından eşit,  $p<0,05$  olanlar ise varyans değişkenliği açısından eşit olmayan şekilde değerlendirildi.

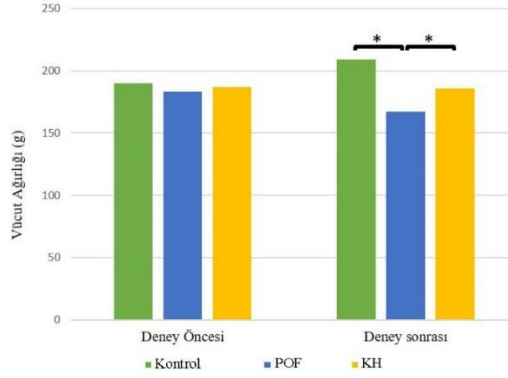
### 3. BULGULAR

#### 3.1. Vücut Ağırlıklarının Değerlendirilmesi

Tüm gruplara ait deneklerin deney başlangıcında ve deney sonunda yapılan ağırlık ölçümleri istatistiksel olarak değerlendirildi.

Gruplar arası vücut ağırlıkları değerlendirildiğinde her üç grup için de deneklerin deney öncesi vücut ağırlıklarında bir fark gözlenmedi ( $p>0,05$ ). Ancak deney sonrası vücut ağırlıklarında her üç grup arasında da istatistiksel olarak fark gözlendi. POF ve KH grubu deneklerin vücut ağırlıklarının kontrol grubuna göre düşük olduğu saptandı. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0,001$ ). POF ve KH grubu kıyaslandığında kök hücre grubu deneklerin vücut ağırlığının daha fazla olduğu gözlemlendi. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıydı ( $p<0,001$ ) (Şekil 1).

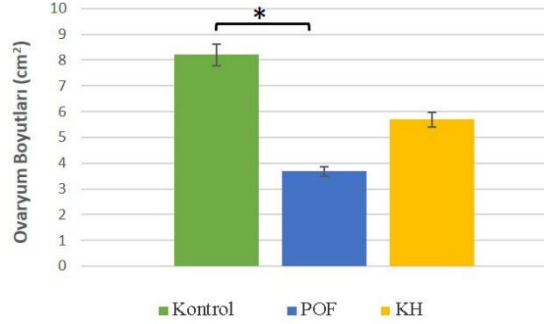
Şekil 1: Gruplar Arası Deney Öncesi Ve Deney Sonrası Vücut Ağırlıkları.



#### 3.2. Ovaryum Boyutlarının Değerlendirilmesi

Deney sonunda elde edilen tüm gruplara ait ovaryum dokularının en ve boyları ölçülerek ortalama ovaryum boyutları hesaplandı ve gruplar arası kıyaslamalar için istatistiksel analizleri yapıldı. Bu analizlerin sonucunda POF grubunun ( $3,68\pm0,31$ ) ortalama ovaryum boyutlarının diğer gruplara göre daha az olduğu gözlemlendi. Bu azalma kontrol grubu ( $8,21\pm1,21$ ) ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı iken ( $p=0,025$ ) KH grubuna ( $5,7\pm0,74$ ) göre anlamlı bulunmadı ( $p>0,05$ ). Kök hücre transplantasyonu yapılan grup ile kontrol grubu ortalama ovaryum boyutları arasında ise herhangi bir fark gözlenmedi ( $p>0,05$ ) (Şekil 2).

Şekil 2: Gruplara Ait Ovaryum Boyutları.



### 3.3. Vajinal Smear Bulguları

Deneye başlamadan önce deneklerin düzenli östrus siklusuna sahip olup olmadığını belirlemek için 21 gün boyunca vajinal smear alınarak östrus siklusu takibi yapıldı. 4-5 günlük düzenli östrus siklusuna sahip denekler deneye dahil edildi. Deney süresince tüm deneklerden vajinal smear alınarak östrus siklusu takibi yapıldı.

Kontrol grubu denekler deney öncesinde olduğu gibi deney süresi boyunca da 4-5 günlük östrus siklusu sergiledi ( $p > 0,005$ ). DOX verilen grupta ise siklus süreleri uzadı ve bu uzamış östrus siklusu deney öncesiyle kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p = 0,018$ ). Siklustaki bu uzamanın nedeni ise diöstrus ve metöstrus fazlarının uzamasından kaynaklanıyordu. KH grubunda da uzamış diöstrus ve metöstrus fazlarından dolayı östrus siklusunun süresinde artış gözlemlendi ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildi ( $p > 0,05$ ).

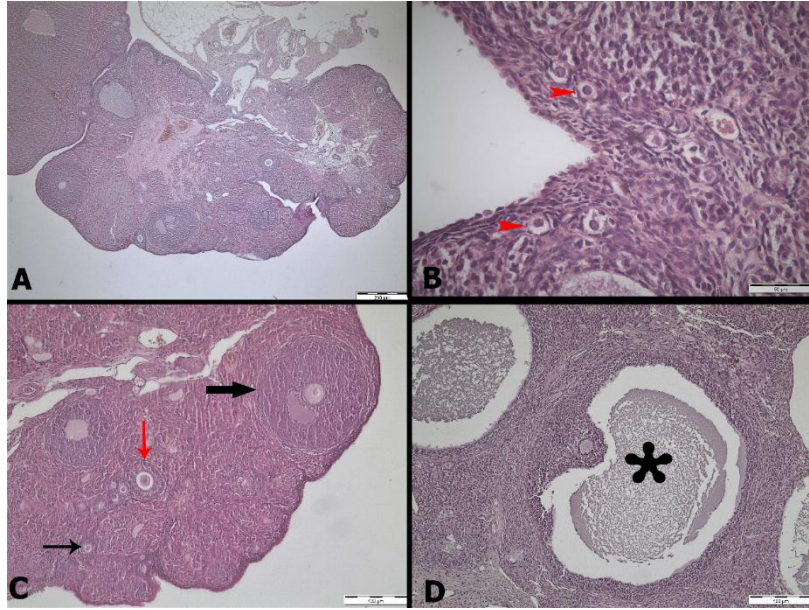
Gruplar arası ortalama östrus siklusu süreleri karşılaştırıldığında deney öncesinde her üç grupta da anlamlı bir değişiklik gözlenmedi ( $p > 0,05$ ). Deney süresi boyunca alınan vajinal smearler değerlendirildiğinde kontrol grubuna ve kök hücre grubuna göre doksorubisin grubunun östrus siklusu süresinin arttığı ve bu artışın anlamlı olduğu bulundu (sırasıyla  $p = 0,021$ ,  $p = 0,048$ ).

### 3.4. Işık Mikroskopik Bulgular

Kontrol grubunda ovaryumun yüzeyinin germinal epitel olarak adlandırılan tek katlı kübik, bazı bölgelerde tek katlı yassı epitel ile örtülü olduğu görüldü. Germinal epitelin altında sıkı bağ dokusundan oluşan tunika albuginea yer almaktaydı. Korteks stromasında oosit ve etrafındaki tek katlı yassı folikül hücrelerinden oluşan primordial foliküller ayırt edildi. Primer oositi çevreleyen tek katlı kübik epitele sa-

hip unilaminar primer folikül ile çok katlı kübik granüloza hücreleriyle çevrili multilaminar primer foliküllere rastlandı. Granüloza hücrelerinin arasında sıvı dolu kavitelerin oluşmaya başladığı teka interna ve teka eksterna ile çevrili sekonder foliküller görüldü. Ayrıca geniş tek bir antruma sahip tersiyer foliküller izlendi. Farklı gelişim aşamalarındaki foliküller dışında korpus luteum ve atretik foliküller görüldü. Medulla ise bol miktarda kan damarlarını içeren gevşek bağ dokusundan oluşmaktaydı (Şekil 3).

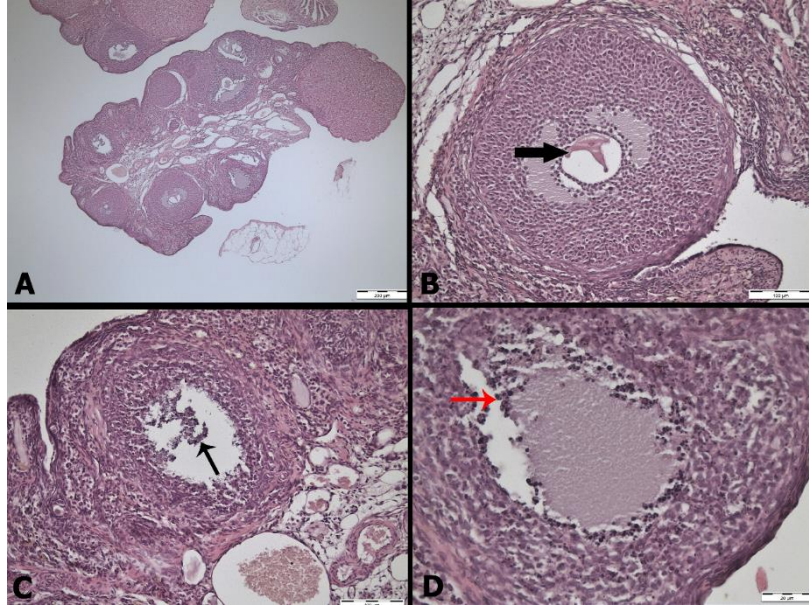
**Şekil 3:** Kontrol Grubuna Ait Over Dokusunun Işık Mikroskopik Görüntüsü. A) Genel görüntü. B) Primordiyal foliküller (ok başları). C) Unilaminar primer folikül (ince siyah ok), multilaminar primer folikül (ince kırmızı ok) ve sekonder folikül (kalın siyah ok). D) Tersiyer folikül (asteriks). (A) x40, (B) x400 (C) x100, (D) x200 (Hematoksilen-Eozin).



POF grubunda germinal epitelin ve tunika albugineanın normal yapıda olduğu izlendi. Tunika Kortekste normal morfolojiye sahip primordial, primer, sekonder, tersiyer foliküller bulunmaktaydı. Ayrıca bu gruba ait over dokularında gelişmekte olan foliküllerin çoğunun morfolojisinin bozuk olduğu saptandı. Bu foliküllerin bazılarında primer oositlerin piknotik çekirdeğe sahip olduğu ve primer oosit ile granüloza hücrelerinin arasında yer alan ZP'nın yapısının bozuk olduğu gözlemlendi. Foliküllerin çoğunda primer oositleri çevreleyen granüloza hücrelerinde dejenerasyon gözlemlendi. Bu hücrelerin sitoplazmalarında kayıpların olduğu,

hücrelerin arasındaki interselüler mesafenin arttığı saptandı. Ayrıca granüloza hücre tabakasında piknotik çekirdekli hücreler yer almaktaydı. Apoptotik granüloza hücreleri özellikle sekonder ve tersiyer foliküllerin antruma yakın bölgesinde yoğunlaşmıştı. Ayrıca bu foliküllerin antrumunda apoptotik granüloza hücrelerinden oluşan debris materyali izlendi. Granüloza hücre tabakasının dışında stromal hücrelerin farklılaşmasıyla oluşan teka tabasında ayrılmaların olduğu gözlemlendi. Medullada ise kan damarlarının belirgin şekilde genişlemiş olduğu dikkat çekti (Şekil 4).

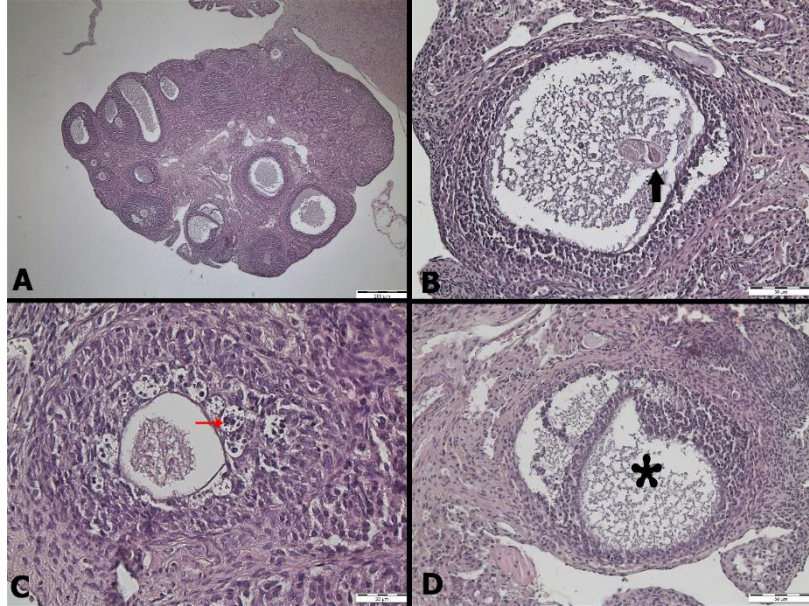
**Şekil 4:** POF Grubu Over Dokusunun Işık Mikroskopik Görüntüsü. A) Genel görüntü. B) Dejenere oosite (kalın siyah ok) sahip sekonder folikül. C) Antrumda dökülmüş granüloza hücrelerinden oluşan debrisin (ince kırmızı ok) bulunduğu folikül. D) Granüloza hücre tabakasında piknotik çekirdekli hücrelerin (ince siyah ok) yer aldığı dejenere folikül. (A) x40, (B,C) x200, (D) x400. (Hematoksilen-Eozin).



Kök hücre verilen grupta ovaryumun genel morfolojisinin kontrol grubuna daha benzer olduğu gözlemlendi. Bu grupta da hem kontrol hemde POF grubunda olduğu gibi germinal epitel ve tunika albuginea normal morfolojide izlendi. Korteks stromasında normal yapıya sahip gelişimin farklı aşamasındaki foliküller ile dejenere foliküller görüldü. POF grubundan daha az olmakla birlikte KH grubunda da

dejenere oosit ve ZP, piknotik çekirdeğe sahip granüloza hücreleri sekonder ve tersiyer foliküllerin antrumlarında debris materyali saptandı. POF grubundan farklı olarak bu grupta teka tabakası ve medulla normal görünümüne sahipti (Şekil 5).

**Şekil 5:** KH Grubu Over Dokusunun Işık Mikroskopik Görüntüsü. A) Genel görüntü. B) Dejenere oosite (siyah ok), sahip folikül. C) Dejenere granüloza hücrelerine (kırmızı ok) sahip folikül. D) Dejenere folikül (asteriks) (A) x40, (B, D) x200, (C), x400. (Hematoksilen-Eozin).



Gruplar arasındaki primordiyal, primer, sekonder, tersiyer ve atretik folikül sayıları kıyaslandığında;

Primordiyal folikül sayısının kontrol grubunda ( $248 \pm 32,19$ ) fazla, POF ( $97 \pm 7,70$ ) ve KH ( $11 \pm 8,08$ ) gruplarında ise daha az olduğu bulundu. Kontrol grubuyla kıyaslandığında her iki grup içinde bu azalma istatistiksel olarak anlamlıydı ( $p < 0,001$ ). POF ve KH gruplarında primordiyal folikül sayısı azalmış olsada kök hücre uygulanan grupta daha fazla sayıda primordiyal folikül bulunmaktaydı ve bu iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ( $p < 0,001$ ).

Primer folikül sayısı kontrol grubuna ( $175 \pm 22,82$ ) göre hem POF ( $109 \pm 7,44$ ) hem de KH ( $112 \pm 10,58$ ) grubunda azaldı ve bu azalmanın anlamlı olduğu bulundu

( $p<0,001$ ). Ayrıca POF ve KH grupları arasında da istatistiksel olarak farklılık gözlenmedi ( $p>0,001$ ).

Sekonder folikül sayısı kontrol grubuyla ( $27\pm 7,53$ ) kıyaslandığında POF grubunda ( $11\pm 1,83$ ) anlamlı bir şekilde azaldığı gözlenirken ( $p<0,001$ ), kontrol ile KH ( $25\pm 6,58$ ) grubu arasında anlamlı bir fark bulunmadı ( $p>0,001$ ). POF grubunun sekonder folikül sayısının KH grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldığı bulundu ( $p<0,001$ ).

Tersiyer folikül sayısı kontrol ( $15\pm 2,94$ ) ile kök hücre uygulanan grupta benzer bulundu ( $p>0,001$ ). Kontrol ve KH grubuna ( $11\pm 2,16$ ) göre POF ( $5\pm 2,16$ ) uygulanan grupta ise istatistiksel olarak anlamlı bir azalma saptandı ( $p<0,001$ ).

Atretik folikül sayısı en yüksek POF grubunda ( $183\pm 5,95$ ) en az ise kontrol grubunda ( $52\pm 5,72$ ) görüldü. Kontrol, POF ve DOX+KH ( $121\pm 7,11$ ) grupları arasındaki fark anlamlı bulundu ( $p<0,001$ ).

#### 4. TARTIŞMA

Kanser tedavisinde sıklıkla kullanılan kemoterapi ve radyoterapi puberte öncesi ve reproduktif dönemdeki kadınlarda POF'a neden olabilmektedir (Gonzalez-Angulo vd., 2007:1; Ataya ve Moghssi, 1989:607; Shalet vd., 1976:655). Bizde çalışmamızda kemoterapik bir ajan olan doksorubisini kullanarak oluşturduğumuz POF modelinde adipoz kökenli mezenkimal kök hücrelerin tedavi edici etkisini inceledik.

DOX'da dahil olmak üzere antineoplastik ilaçların pek çoğunun kanser hücrelerinin yanı sıra sağlıklı dokulardaki hücreleri de etkilediği bilinmektedir (Patel ve Kaufmann, 2012:e00387). Özellikle hücre yenileme hızının yüksek olduğu gastrointestinal kanalda bu etkileri daha belirgindir (Toucheffeu, 2014:409). Jacevic ve ark. sıçanlarda DOX'un çoklu organ sistemlerinde olası toksik etkilerini inceledikleri çalışmalarında üç haftalık DOX uygulamasından sonra deneklerde anlamlı düzeyde kilo kaybı tespit etmişlerdir (Jacevic vd., 2018:8). Bir başka çalışmada ise sıçanlarda DOX ile oluşturulmuş nefrotoksisite modelinde tek doz DOX uygulamasının deneklerin final vücut ağırlığında önemli düzeyde azalmaya yol açtığı rapor edilmiştir (El-Sayed vd., 2017:11). Mohamed ve ark. bisülfan ve siklofosamid uygulamasından sonra kemik iliğinden elde edilen insan mezenkimal kök hücrelerinin farelere tarplantasyonunun over ve vücut ağırlığında artışa yol açtığını göstermiştir (Mohamed, 2018:51). Bizde bu çalışmamızda literatürle benzer şekilde DOX uygulamasının deneklerde kilo kaybına neden olduğunu ve tedavi amacıyla verilen AKMKH'lerin kilo kaybını azalttığını saptadık.

Anti-kanser ilaçları dişilerde ovaryumun fonksiyonunun bozulmasına neden olmaktadır (Spears vd., 219:673). Ovaryum fonksiyonu ile ilgili yapılan çalışmalarda serumdaki FSH, AMH ve östradiol seviyelerinin belirlenmesinin yanı sıra östrus siklusu takibi de yapılmaktadır (Ling vd., 2019:46). Alkilyeyici bir anti-kanser ilacı olan siklofosfamid farelere enjekte edildiği çalışmada siklofosfamid enjeksiyonu yapılan grupta östrus siklusunun 18 güne kadar uzadığı bulunmuştur. Bu gruptaki farelerde östrus siklusunun tüm fazlarının uzadığı ama proöstrus ve diöstrus fazlarındaki uzamanın daha fazla olduğu saptanmıştır (El Andaloussi vd., 2018:3). Nishi ve ark. yaptıkları çalışmada 3 mg/kg DOX uyguladıkları sıçanların östrus siklusunun 10, 6 mg/kg DOX uyguladıkları sıçanların ise östrus siklusunun 13 güne kadar uzadıklarını bulmuşlardır (Nishi vd., 2018:72). Bu çalışmada DOX uygulanan grupta östrus siklusunun 10,9 güne kadar uzadığı ve bu uzamanın diöstrus ile metöstrus fazlarından kaynaklandığı bulundu.

Son zamanlarda, rejeneratif tıp araştırmaları MSC transplantasyonunun antineoplastik ilaçların kullanımına bağlı oluşan POF'lu hayvanlarda ovaryum fonksiyonunu düzeltmede etkili bir tedavi yöntemi sağlayabileceğini göstermiştir (Wang vd., 2017:11; Liu vd., 2014:865). Kemoterapiye bağlı POF sıçan modelini oluşturmak için siklofosfamid kullanılan bir çalışmada ovaryum fonksiyonunun düzeltilmesi amacıyla insan amnion kaynaklı mezenkimal kök hücre verilmiş ve transplantasyondan 1 hafta sonra POF grubuna göre düzensiz östrus siklusuna sahip sıçanların yüzdesinin daha düşük olduğu bulunmuştur (Ling vd., 2019:46). Lai ve ark. menstrüasyon kanından izole edilen insan endometriyal mezenkimal kök hücrelerinin kemoterapi ilacı uygulanan farelerde östrus siklusunun 1 hafta sonra düzelmeye başladığını, 4 hafta sonra da kontrol grubuyla benzer olduğunu rapor etmişlerdir (Lai vd., 2015:155). Bizim çalışmamızda da AKMKH transplantasyonu yapılan grupta bir denekte düzensiz östrus siklusu görülürken diğer deneklerde östrus siklusunun ortalama 9 günden sonra düzelmeye başladığı görüldü.

Kanser tedavisinde kullanılan kemoterapik ajanların gonadlar üzerine toksik etki gösterdiği bilinmektedir. Özellikle alkilyeyici ajanlar (siklofosfamid, dakarbazin, bisülfan) ve antrasiklinler (daunorubisin, doksorubisin, epirubisin) oldukça gonadotoksiktirler (Oeffinger ve Hudson, 2004:208). DOX ile yapılan bir çalışmada DOX uygulaması sonrası ovaryumda bulunan tüm foliküllerin sayısının azaldığı özellikle sekonder foliküllerin hasar gördüğü bulunmuştur. Aynı çalışmada DOX'un ovaryumda bulunan atretik folikül sayısını artırdığı buna bağlı olarak da ovulasyon hızında azalmanın gerçekleştiği saptanmıştır (Ben-Aharon vd., 2010:20). Vaskivua ve ark. yetişkin insan ovaryumunda apoptozu tanımlamak için in situ DNA 3'-ucu etiketleme kiti ile işaretleme yapmışlardır. Sekonder ve tersiyer foliküllerin granüloza tabakasında apoptotik hücreler tespit edilirken primordiyal ve primer

foliküllerde apoptoz belirtisi gözlemlenmiştir (Vaskivua vd., 2001:3421). Bu çalışma kapsamında, sıçanlarda doksorubisinin gonadotoksisiteyi uyardığı görüldü. DOX grubu ovaryum dokularının folikülleri değerlendirildiğinde; kontrol grubuna göre primordiyal folikül sayısında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma görüldü. Gelişmekte olan foliküller arasında, primer foliküllerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmamasına rağmen, sekonder ve tersiyer folikül sayılarında anlamlı oranda azalma saptandı. KH grubunda DOX uygulanan gruba göre primordiyal, sekonder ve tersiyer folikül sayısının anlamlı bir şekilde fazla olduğu, primer folikül sayısının benzer olduğu, atretik follikül sayısının anlamlı derecede azaldığı saptandı. Dolayısıyla AKMKH'lerin DOX'a bağlı gonadotoksisitede primordiyal ve gelişmekte olan foliküller seviyesinde tedavi edici bir etki gösterdiği, DOX'un meydana getirdiği ovaryum doku hasarını ve foliküler kaybı azaltmak, ovaryan rezervi korumak amacıyla AKMKH uygulamasının olumlu sonuçlar verdiği hem ışık mikroskopik hem de istatistiksel olarak gösterilmiştir.

## 5. SONUÇ

DOX uygulamasının deneklerde kilo kaybına ve ovaryum boyutlarında azalmaya neden olduğu, AKMKH transplantasyonunun ise ovaryum boyutlarını kısmen artırdığı, kilo kaybını ise azalttığı saptandı. POF grubunda östrus siklusunun bozulduğu, KH grubunda ise yaklaşık 9 gün sonra östrus siklusunun düzelmeye başladığı görüldü. POF grubuna ait over dokularında gelişmekte olan foliküllerin çoğunun morfolojisinin bozuk olduğu, KH grubunda dejenere foliküllerin POF grubundan daha az olduğu görüldü. DOX uygulamasından sonra toplam folikül sayısının azaldığı, atretik folikül sayısının ise arttığı, AKMKH transplantasyonundan sonra toplam folikül sayısının ve atretik folikül sayısının kontrol grubuna daha yakın olduğu ortaya konuldu. Doksorubisinin sıçan ovaryumu üzerinde toksik etkiye sahip olduğu, adipoz kaynaklı mezenkimal kök hücre uygulamasının ise bu etkileri azaltabileceği gösterildi. Bu bulgular kemoterapi sonucu oluşabilen infertilitede son yıllarda deneysel ve klinik olarak denenilen kök hücre uygulamalarına ışık tutabilir ve çeşitli kaynaklardan elde edilen kök hücre tiplerinin etkisini karşılaştırmada imkan sağlayabilir.

## Finansal Destek

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2018-1-TP3-2851 nolu proje olarak desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- ARMSTRONG, J. ve DASS C.R. (2018). ‘Doxorubicin Action on Mitochondria: Relevance to Osteosarcoma Therapy?’, *Curr Drug Targets*, 19(5):432-438.
- ATAYA, K. ve MOGHISSI K., (1989). ‘Chemotherapy-induced premature ovarian failure: mechanisms and prevention’, *Steroids*, 54(6):607-26.
- AZEM, F., SAMARA, N., COHEN, T., BEN-YOSEF, D., ALMOG, B., LESSİNG, J.B., GOOR, O., AMİT, A. (2008). ‘Assessment of ovarian reserve following ovarian tissue banking and/or GnRH-a co-treatment prior to chemotherapy in patients with Hodgkin’s disease’, *Journal of assisted Reproduction And Genetics*, 25(11-12):535-538.
- BACA KOVA, L., ZARUBOVA, J., TRAVNICKOVA, M., MUSILKOVA, J., PAJOROVA, J., SLEPICKA, P., KASALKOVA, N.S., SVORCİK, V., KOLSKA, Z., MOTARJEMİ, H., MOLİTOR, M. (2018). ‘Stem cells: their source, potency and use in regenerative therapies with focus on adipose-derived stem cells—a review’, *Biotechnology Advances*, 36(4): 1111-1126.
- BAR-JOSEPH, H., BEN-AHARON, I., RİZEL, S., STEMMER, S.M., TZABARİ, M., SHALGİ, R. (2010). ‘Doxorubicin-induced apoptosis in germinal vesicle (GV) oocytes’, *Reproductive Toxicology*, 30(4):566-572.
- BAYKARA, O. (2016). ‘Kanser Tedavisinde Güncel Yaklaşımlar’, *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(3):154-165.
- BEN-AHARON, I., BAR-JOSEPH, H., TZARFATY, G., KUCHİNSKY, L., RİZEL, S., STEMMER, S.M., SHALGİ, R. (2010). Doxorubicin-induced ovarian toxicity. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 8(1):20.
- BENJANUWATTRA, J., SİRİ-ANGKUL, N., CHATTİPAKORN, S. C., CHATTİPAKORN, N. (2020). ‘Doxorubicin and its proarrhythmic effects: A comprehensive review of the evidence from experimental and clinical studies’, *Pharmacol Res*, 151:104542.
- CAN, A. (2014) *Kök Hücre: Biyolojisi, Türleri ve Tedavide Kullanımları*, Akademisyen Tıp Kitabevleri, Ankara.
- EL ANDALOUSSİ, A., IGBOELİ, P., AMER, A., AL-HENDY, A. (2018). ‘Intravenous Infusion of Nucleated Peripheral Blood Cells Restores Fertility in Mice with Chemotherapy-Induced Premature Ovarian Failure’, *Biomedicines*, 6(3).

- EL-SAYED, E.M., MANSOUR, A.M., EL-SAWY, W.S. (2017). 'Protective effect of proanthocyanidins against doxorubicin-induced nephrotoxicity in rats', *J Biochem Mol Toxicol*, 31(11).
- FAHİM, M.A., KATAYA, H., EL-KHARRAG, R., AMER, D. A., AL-RAMADİ, B., KARAM, S.M. (2011). 'Ghrelin attenuates gastrointestinal epithelial damage induced by doxorubicin. *World J Gastroenterol*, 17(33):3836-41.
- FAMİLİARİ, G., CAGGIATİ, A., NOTTOLA, S.A., ERMİNİ, M., Dİ BENEDETTO, M.R., MOTTA, P.M. (1993). 'Infertility: ultrastructure of human ovarian primordial follicles after combination chemotherapy for Hodgkin's disease', *Human Reproduction*, 8(12):2080-2087.
- GONZALEZ-ANGULO, A.M., MORALES-VASQUEZ F., HORTOBAGYI G.N. (2007). 'Overview of resistance to systemic therapy in patients with breast cancer. *Adv Exp Med Biol*, 608:1-22.
- HORWITZ, E., LE BLANC, K., DOMİNİCİ, M., MUELLER, I., SLAPER-CORTENBACH, I., MARİNİ, F.C., DEANS, R.J., KRAUSE, D.S.; KEATING, A. (2005). 'Clarification of the nomenclature for MSC: The International Society for Cellular Therapy position statement', *Cytotherapy*, 7(5):393-395.
- JACEVİC, V., DRAGOJEVIĆ-SİMİC, V., TATOMİROVIĆ, Z., DOBRİC, S., BOKONJİC, D., KOVACEVIĆ, A., NEPOVİMOVA, E., VALİS, M., KUČA, K. (2018). 'The Efficacy of Amifostine against Multiple-Dose Doxorubicin-Induced Toxicity in Rats', *Int J Mol Sci*, 19(8).
- KANO, M., SOSULSKİ, A. E., ZHANG, L., SAATÇIOĞLU, H. D., WANG, D., NAGYKERY, N., SABATİNİ, M. E., GAO, G, DONAHOE, P. K., PÉPIN, D. (2017). 'AMH/MIS as a contraceptive that protects the ovarian reserve during chemotherapy', *Proc Natl Acad Sci USA*, 114(9):E1688-e1697.
- KEİZER, H., PİNEDO, H., SCHUURHUIJS, G, JOENJE, H. (1990). 'Doxorubicin (adriamycin): a critical review of free radical-dependent mechanisms of cytotoxicity', *Pharmacol Ther*, 47(2): 219-231.
- KERR, J., BROGAN, L., MYERS, M., HUTT, K. J., MLADENOVSKA, T., RÍCARDO, S., HAMZA, K., SCOTT, C. L., STRASSER, A., FİNDLAY, J.K. (2012). 'The primordial follicle reserve is not renewed after chemical or irradiation mediated depletion', *Reproduction*, 143(4):469-476.
- LAI, D., WANG, F., YAO, X., ZHANG, Q., WU, X., XİANG, C. (2015). 'Human endometrial mesenchymal stem cells restore ovarian function

- through improving the renewal of germline stem cells in a mouse model of premature ovarian failure', *J Transl Med*, 13:155.
- LING, L., FENG, X., WEI, T., WANG, Y., WANG, Y., WANG, Z., TANG, D., LUO, Y., XIONG, Z. (2019). 'Human amnion-derived mesenchymal stem cell (hAD-MSC) transplantation improves ovarian function in rats with premature ovarian insufficiency (POI) at least partly through a paracrine mechanism', *Stem Cell Res Ther*, 10(1):46.
- LIU, J., ZHANG, H., ZHANG, Y., LI, N., WEN, Y., CAO, F., AI, H., XUE, X. (2014). 'Homing and restorative effects of bone marrow-derived mesenchymal stem cells on cisplatin injured ovaries in rats', *Mol Cells*, 37(12):865-72.
- LOPES, F., LIU, J., MORGAN, S., MATTHEWS, R., NEVIN, L., ANDERSON, R. A., SPEARS, N. (2020). 'Single and combined effects of cisplatin and doxorubicin on the human and mouse ovary in vitro', *Reproduction*, 159(2):193-204.
- MALTARIS, T., SEUFERT R, FISCHL F, SCHAFFRATH M, POLLOW K, KOELBL H, DITTRICH R., (2007). 'The effect of cancer treatment on female fertility and strategies for preserving fertility', *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 130(2):148-155.
- MEIROW, D., ASSAD, G., DOR, J., RABINOVICI, J. (2004). 'The GnRH antagonist cetrorelix reduces cyclophosphamide-induced ovarian follicular destruction in mice. *Human Reproduction*, 19(6):1294-1299.
- MIZUNO, H. (2013). 'Adipose-derived stem cells for regenerative medicine in the field of plastic and reconstructive surgery', *Journal of oral Biosciences*, 55(3):132-136.
- MOHAMED, S. A., SHALABY, S.M., ABDELAZIZ, M., BRAKTA, S., HILL, W.D., ISMAIL, N., AL-HENDY, A (2018). 'Human Mesenchymal Stem Cells Partially Reverse Infertility in Chemotherapy-Induced Ovarian Failure', *Reprod Sci*, 25(1):51-63.
- MOHAN, P., RAPOPORT, N. (2010). 'Doxorubicin as a molecular nanotheranostic agent: effect of doxorubicin encapsulation in micelles or nanoemulsions on the ultrasound-mediated intracellular delivery and nuclear trafficking', *Mol Pharm*, 7(6):1959-1973.
- MORGAN, S., LOPES, F., GOURLEY, C., ANDERSON, R., SPEARS, A. (2013). 'Cisplatin and doxorubicin induce distinct mechanisms of ovarian follicle loss;

- imatinib provides selective protection only against cisplatin', *PLoS One*, 8(7):e70117.
- NĪSHĪ, K., GUNASEKARAN, V.P., ARUNACHALAM, J., GANESHAN, M. (2018). Doxorubicin-induced female reproductive toxicity: an assessment of ovarian follicular apoptosis, cyclicity and reproductive tissue histology in Wistar rats. *Drug Chem Toxicol*, 41(1):72-81.
- OEFFINGER, K.C., ve HUDSON, M.M. (2004). 'Long-term complications following childhood and adolescent cancer: foundations for providing risk-based health care for survivors', *Cancer J Clin*, 54(4):208-36.
- ONGNOK, B.; CHATTĪPAKORN, N., CHATTĪPAKORN, S. C. (2020). 'Doxorubicin and cisplatin induced cognitive impairment: The possible mechanisms and interventions', *Exp Neurol*, 324: 113-118.
- PATEL, A.G., ve KAUFMANN, S.H. (2012). 'How does doxorubicin work?' *Elife*, 2012. 1:e00387.
- RIVANKAR, S. (2014). 'An overview of doxorubicin formulations in cancer therapy', *J Cancer Res Ther*, 10(4):853-8.
- ROTI ROTI, E.C., ve SALIH S.M. (2012). 'Dexrazoxane ameliorates doxorubicin-induced injury in mouse ovarian cells', *Biology of Reproduction*, 86(3):1-11.
- SHALET, S.M., BEARDWELL, C.G., JONES, P.H., PEARSON, D., ORRELL, D.H. (1976). 'Ovarian failure following abdominal irradiation in childhood', *Br J Cancer*, 33(6):655-8.
- SMART, E.; LOPES, F.; RĪCE, S.; NAGY, B.; ANDERSON, R. A.; MĪTCHELL, R. T.; SPEARS, N. (2018). 'Chemotherapy drugs cyclophosphamide, cisplatin and doxorubicin induce germ cell loss in an in vitro model of the prepubertal testis', *Sci Rep*, 8(1):1773.
- SPEARS, N., LOPES, F., STEFANSDOTTĪR, A., ROSSĪ, V., DE FELĪCĪ, M., ANDERSON, R. A., KLĪNGER, F.G. (2019). 'Ovarian damage from chemotherapy and current approaches to its protection', *Hum Reprod*, 25(6):673-693.
- SUN, M., WANG, S., LĪ, Y., YU, L., GU, F., WANG, C., YAO, Y. (2013). 'Adipose-derived stem cells improved mouse ovary function after chemotherapy-induced ovary failure', *Stem Cell Research & Therapy*, 4(4):80.
- TOUCHEFEU, Y., MONTASSĪER, E., NĪEMAN, K., GASTĪNNE, T., POTELE, G., BRULEY, V.S., LE VACON, F., DE LA COCHETĪÈRE, M.F. (2014).

- ‘Systematic review: the role of the gut microbiota in chemotherapy- or radiation-induced gastrointestinal mucositis - current evidence and potential clinical applications’, *Aliment Pharmacol Ther*, 40(5):409-21.
- VASKIVUO, T.E., ANTONEN, M., HERVA, R., BILLIG, H., DORLAND, M., TE VELDE, E.R., STENBÄCK, F., HEIKINHEIMO, M. TAPANAINEN, J.S. (2001). Survival of human ovarian follicles from fetal to adult life: apoptosis, apoptosis-related proteins, and transcription factor GATA-4, *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(7): 3421-3429.
- WANG, Z., WANG, Y., YANG, T., LI, J., YANG, X. (2017). ‘Study of the reparative effects of menstrual-derived stem cells on premature ovarian failure in mice’, *Stem Cell Res Ther*, 8(1):11.
- YAVUZKIR, Ş., AKYOL A., KULOĞLU T. (2015). ‘Doksorubisin ve Siklofosamid Uygulanmasının Sıçan Over Dokularında Meydana Getirdiği Değişiklikler Üzerine Vitamin D'nin Etkileri’, *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Tıp Derg*, 29(2):57-62.
- YEH, J., KIM, B.S., PERESIE, J. (2008). ‘Protection against cisplatin-induced ovarian damage by the antioxidant sodium 2-mercaptoethanesulfonate (mesna) in female rats’, *American Journal Of Obstetrics And Gynecology*, 198(4):463.
- ZHANG, T., HE, W.H., FENG, L.L., HUANG, H.G. (2017). ‘Effect of doxorubicin-induced ovarian toxicity on mouse ovarian granulosa cells’, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 86:1-10.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNİN EĞİTİMİNDE  
KULLANILMAK ÜZERE SAĞLIKLI  
SIÇAN DOKULARINDAN IŞIK MİKROSKOBU  
PREPARATLARININ HAZIRLANMASI**

**Meltem İÇKİN GÜLEN**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**Başak BÜYÜK**

İzmir Demokrasi Üniversitesi

**Ufuk DEMİR**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**ÖZET:** Bir hekimin hastalıkları tanıyabilmesi için, öncelikle sağlıklı vücudun genel yapısını, organların yapısını ve işlevlerini bilmesi gerekmektedir. Tıp fakültelerinde 1. ve 2. sınıflarda verilen Histoloji ve Embriyoloji derslerinde insan vücudundaki organların genel yapısı, dokularda işlev gören ve destekleyen hücreler ve hücreler arası matriks teorik olarak öğretilir. Bu bilgi, ışık mikroskobu ile dokuların incelendiği uygulama dersleri ile desteklenmektedir. Uygulama derslerinde öğrencilerin istediği çeşitlilikte dokuyu istediği sürece inceleyebilmesi için incelenen dokuya ait preparatların mümkün olduğunca çok sayıda bulunması faydalı olmaktadır. Bu çalışma ile Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (ÇOMÜ) Tıp ve Diş Hekimliği Fakültesi öğrencilerinin kullanımına sunulmak üzere sağlıklı doku preparatlarının hazırlanması amaçlanmıştır. Çalışmamızda, ÇOMÜ Deneysel Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilen projelerde kullanılan kontrol grubu sıçanların dokuları kullanılarak çeşitli sağlıklı doku preparatları elde edilmiştir. Böylece hem eğitim amacıyla kullanılmak üzere histolojik preparatlardan oluşan bir arşiv oluşturulmuş hem de diğer projelerde kullanılan kontrol grubu sıçanlara ait normal dokular değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Histoloji ve Embriyoloji, ışık mikroskobu, preparat, normal doku

**Preparation Of Light Microscope Slides From Healthy Rat Tissues To Be Used In Education Of Canakkale Onsekiz Mart University Medical Faculty Students**

**ABSTRACT:** In order for a physician to be able to recognize diseases, she/he must first know the general structure of the healthy body, structure and

functions of the organs. In Histology and Embryology lessons given in 1st and 2nd grades in medical schools, the general structure of the organs in the human body, cells that function and support the tissues, and the intercellular matrix are taught theoretically. This knowledge is supported with practical lessons that examine the tissues under a light microscope. In practice lessons, it is useful to have as many as possible slides from the tissue examined so that the students can examine the tissue as long as they wish. With this study, it was aimed to prepare slides from healthy tissues for the use of students of Canakkale Onsekiz Mart University (COMU) Faculty of Medicine and Dentistry. In our study, various healthy tissue slides were obtained using the tissues of the control group rats used in the projects carried out in COMU Experimental Research Center. Thus, an archive of histological slides was established for educational purposes, and healthy tissues from the control group rats used in other projects were not wasted as well.

**Keywords:** Histology and Embryology, light microscope, slide, healthy tissue

## 1.GİRİŞ:

Histoloji, sözlük anlamı olarak doku bilimidir (TDK, 2020). Doku, organ sistemlerini oluşturmak için organize olan hücre grupları ifade etmektedir. Biçimbilimi anlamındaki morfoloji bilimlerinden birisidir (TDK, 2020). Histoloji dersinin amacı, öğrencilere hücre, doku ve organların mikroskopik özelliklerini fonksiyonları ile bağlantılı olarak öğretmektir. Histoloji eğitimi, Tıp, Diş ve Veteriner hekimlik eğitim programlarında yer alan patoloji eğitimine de bir hazırlık olarak kabul edilir (Eşrefoğlu, 2016:3).

Histoloji dersinde hücrelerin uzmanlaşmış olduğu işlevleri gerçekleştirmek için diğerleriyle nasıl ilişki kurduğu ve dokuların nasıl düzenlendiği anlatılmaktadır. Bu teorik bilginin unutulmaması, diğer temel tıp eğitimi derslerinin bilgileri ile bütünleştirilmesi için ve yapısal anormalliklere neden olan pek çok hastalığın tanınabilmesi için önemlidir. Günümüzde çoğu Tıp Fakültesinde verilen Geleneksel Tıp Eğitiminde, teorik Histoloji bilgilerinin ardından laboratuvarlarda ışık mikroskobu ile dokular incelenmekte ve bilgiler pekiştirilmektedir. Çalışmamızda, ÇOMÜ Tıp ve Diş Hekimliği Fakültelerinde laboratuvar derslerinden en yüksek faydayı elde etmesi için her öğrencinin istediği sürece istediği preparatı (mikroskopta incelenebilmesi için dokunun belli işlemlere tabi tutulması ile hazırlanmış lam üzerindeki ince doku parçası) inceleyebilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmamız, ÇOMÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından TEG-2017-1059 numara ile desteklenmiştir. ÇOMÜ Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan alınan 2016/02-03, 2016/04-12 ve 2016/04-05 numaralı izinlerle

yürütülen çalışmaların kontrol gruplarındaki sıçanlardan alınan doku örneklerine rutin histolojik prosedür uygulandıktan sonra alınan kesitler Hematoksilen-Eozin (H-E) ve Masson Trikrom gibi boyalarla boyanmış ve öğrenci sayısı dikkate alınarak yapılan hesaplamalara göre her doku için ortalama 100 preparat hazırlanmıştır.

## **2.MATERYAL VE METOD**

### **2.1. Histolojik Takip**

Sıçanlardan alınan dokulara kod numaraları verilerek, içinde % 10'luk tamponlu formalin içinde 24 saat bekletilerek tespit işlemi yapılmış ve aşağıda belirtilen sıra ile doku takip işlemleri uygulanmıştır.

1. Akarsuda (gün boyu) yıkama
2. %70'lik Alkolde (1 gece) bekletme
3. %80'lik Alkolde (1 saat) bekletme
4. %96'lık Alkolde (1 saat) bekletme
5. %96'lık Alkolde (1 saat) bekletme
6. %100'lük Alkolde (1 saat) bekletme
7. %100'lük Alkolde (1 saat) bekletme
8. Ksilende(10 dk) bekletme
9. Ksilende(10 dk) bekletme
10. Ksilende(10 dk) bekletme
11. Ksilin + boncuk parafin 60°C'lik etüvde (1 saat) bekletme
12. Boncuk parafinde 60°C'lik etüvde (1 saat) bekletme
13. Boncuk parafinde 60°C'lik etüvde (2 saat) bekletme.

Dokular parafin bloklara gömülerek kesit alınmaya hazır hale getirilmiştir. Parafin bloklardan mikrotom ile 4 µm'lik kesitler cam lamalar üzerine alındıktan sonra aşağıda sıralanan işlemlere tabi tutularak dokular Hematoksilen Eozin (Hematoksilen Harris, Diapath; Alkolik EosinInstant, Diapath)ve diğer özel boyalarla (Masson Trikrom kit, Atom Scientific; Verhoeffs elastik kit, Atom Scientific) boyanmış ve preparat olarak öğrencilerin kullanımına sunulmuştur.

## **2.2. Hematoksilen Eozin (Boyama Protokolü)**

1. Ksilolde (20 dk) bekletme
2. Ksilolde (10 dk) bekletme
3. İki ayrı %96'lık alkol serisinde (5 dk) bekletme
4. %80'lik alkolde (10 dk) bekletme
5. Çeşme suyunda yıkama
6. Hemotoksilende (7 dk) bekletme
7. Asit alkolde (1 dk) bekletme
8. Eozinde (10 dk) bekletme
9. Suda (1 dk) yıkama
10. %80'lik alkolde (10 dk) bekletme
11. İki ayrı %96'lık alkol serisinde (10 dk) bekletme
12. Ksilol serilerinde (20 dk) bekletme
13. Entellan ile kapatma

## **2.3. Masson Trikrom boyama protokolü**

1. Ksilolde (iki kez 2-3 dk) bekletme
2. %100'lük alkolde (5 dk) bekletme
3. %95'lik alkolde (5 dk) bekletme
4. %70'lik alkolde (5 dk) bekletme
5. Distile suda yıkama
6. Önceden 45° C'ye kadar ısıtılmış %5'lik ferrik amonyum sulfat içinde (5 dk) mordantlama
7. Soğutma ve akarsuda (5dk) bekletme
8. Distile sudan geçirme
9. Regaud'un hematoksilen solüsyonu içinde (5-30 dk) bekletme
10. Tekrar akarsuda (5 dk) yıkama
11. Distile sudan geçirme
12. Diferensiyasyon için Biebrich kırmızı-asit fuksin solüsyonunda (1/2-2 dk) bekletme
13. Distile sudan geçirme

14. %1'lik Fosfomolibdik-fosfotungstik asit solüsyonunda (5-10 dk) bekletme
15. Anilin mavisi solüsyonunda (5 dk) bekletme
16. Distile sudan geçirme
17. Glasialasetik asit solüsyonunda (1-5 dk) bekletme
18. %95'lik alkol, saf alkol ve ksilolden (her birinden 2'şer kez ve en az 2 dk) geçirilerek şeffaflandırma
19. Entellan ile kapatma

#### **2.4. Verhoef boyama protokolü**

1. Distile su ile yıkama
2. Verhoeff's hematoksilende (30 dk) bekletme
3. Çeşme suyu ile yıkama
4. 2% ferric chloride solüsyonu ile differensiasyon işlemi
5. Işık mikroskopunda kontrol
6. Distile su ile yıkama
7. %95'lik alkol solüsyonunda (5 dk) bekletme
8. Çeşme suyunda yıkama
9. Zıt boyama işlemi için Van Gieson boyasında (5 dk) bekletme
10. %95'lik alkol solüsyonunda (5 dk) bekletme
11. Ksilolde (2-3 dk) bekleme
12. Entellan ile kapatma

### **3. SONUÇ VE TARTIŞMA**

Hekimlik eğitiminin ilk evresi olan temel tıp eğitimi, modern tıp eğitiminin başlangıcı sayılan 19. Yüzyılda Alman ekolü hakimiyetinde, anatomi, fizyoloji, patoloji gibi temel tıp bölümleri laboratuvarlarında verilmeye başlanmıştır. 20. yüzyıl başlarında temel bilim eğitiminde hemen hemen tamamını disipline dayalı ders ve laboratuvar etkinliklerinin oluşturduğu eğitim yöntemleri kullanılmıştır. 20. yüzyılda tıp eğitimi yeniden şekillendiren "Flexner Raporu" eğitimde ilk 1-2 yılın temel bilimler ve izleyen yılların ise klinik bilimler olduğu bugünkü adı "Geleneksel Tıp Eğitimi" olan yeni bir model önerisi getirmiştir (Batı, 2016:32). Türkiye'deki Tıp Eğitimi'ne yakından bakmak gerekirse, 1825-26 yıllarında günümüz Türkiye'sinin

sınırları dışında Mısır’da açılan, ilk Osmanlı tıp okulunda başlangıçta Histoloji dersleri verilmemekteydi. Histoloji başlangıçta 1839’da Anatomi dersi ile birlikte okutulmaya başlanmıştır. 1872’de ise Mekteb-i Tıbbiye’de İlm-i Ensac-ı Hücreviye (Hücre ve Dokular Bilimi) adıyla, histoloji, anatomi dersinden ayrılarak okutulmaya başlanmıştır. Histolog ve Patolog Dr. Hatice Kamile Şevki Mutlu, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi’nin ilk profesörüdür. Kamile Mutlu, A.Ü. Tıp Fakültesi’nin ilk açılış dersini 19 Ekim 1945 günü ‘Morfoloji bilimlerinin tıptaki önemi’ konusunda vermiştir (Hatipoğlu, 2012:13, 40).

21. yüzyılda tıp eğitimindeki tarihsel değişimde gelinen en önemli nokta ‘ezberci’ yerine ‘öğrenen’ öğrenci yetiştirmektir. Öğrenmeyi sağlamak için öğrencide bir merakın uyandırılması önemlidir. Eğiticinin temel görevi de budur (Sayek, 2016:6). Bir öğretme etkinliği ne kadar çok duyu organına hitap ederse öğrenme olayı da o kadar iyi ve kalıcı izli olmakta, unutmada da o kadar geç olmaktadır. Başka bir ifadeyle, öğretimde görsel ve işitsel araçlar kullanıldığında öğrenmeler hem daha çabuk hem de daha kalıcı izli olmaktadır. Eğitim araçları eğitim ve öğretim etkinliklerinin daha verimli olmasını sağlamak için öğretmen ve yetiştiricilere en büyük yardımcıdır (Seferoğlu, 2006:54).

Uygulama derslerinde, teorik derste verilen bilgilerin mikroskopta somut bir şekilde gözlenmesi sayesinde bilgiler çok daha kalıcı olmaktadır. Mikroskop altında incelenen dokunun (ör: karaciğer, akciğer...) farklı hücreleri ve işlevleri bu sırada tekrar hatırlanmakta, teorik bilgiler pekiştirilmektedir. Ayrıca hastalıkların oluşumunda dokularda meydana gelen değişikliklerin anlaşılması, ki ilerleyen seviyelerde patoloji dersi ile öğrenciye verilmektedir, daha kolay olmaktadır.

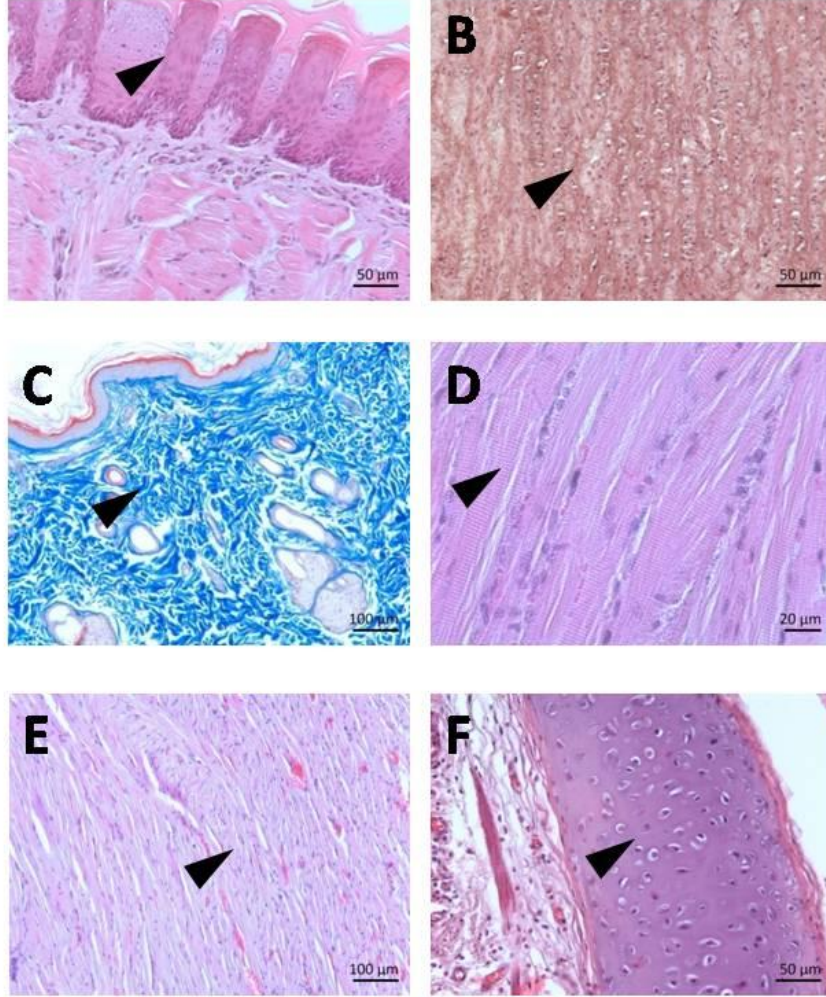
Çalışmamız sonucunda öncelikle Histoloji dersinde öğrenilmesi gereken temel dokular (epitelyum dokusu, bağ dokusu, kıkırdak dokusu, kas dokusu, sinir dokusu) (Şekil 1) ve daha sonra öğrenilecek olan vücut sistemlerine (kalp ve dolaşım sistemi, solunum sistemi, bağışıklık sistemi, sindirim sistemi, sinir sistemi, endokrin-hormon salgılayan- sistem, boşaltım sistemi, üreme sistemi) ait farklı organ ve dokulardan (Şekil 2, Şekil 3) ortalama 100’er adet olmak üzere preparat hazırlanmıştır. Işık mikroskobu ile, talep ettikleri süre boyunca inceleyebilecekleri yeterli sayıda preparat bulunması, öğrencilerimizin eğitiminde mutlaka yararlı olacaktır düşüncesindeyiz.

### **TEŞEKKÜR**

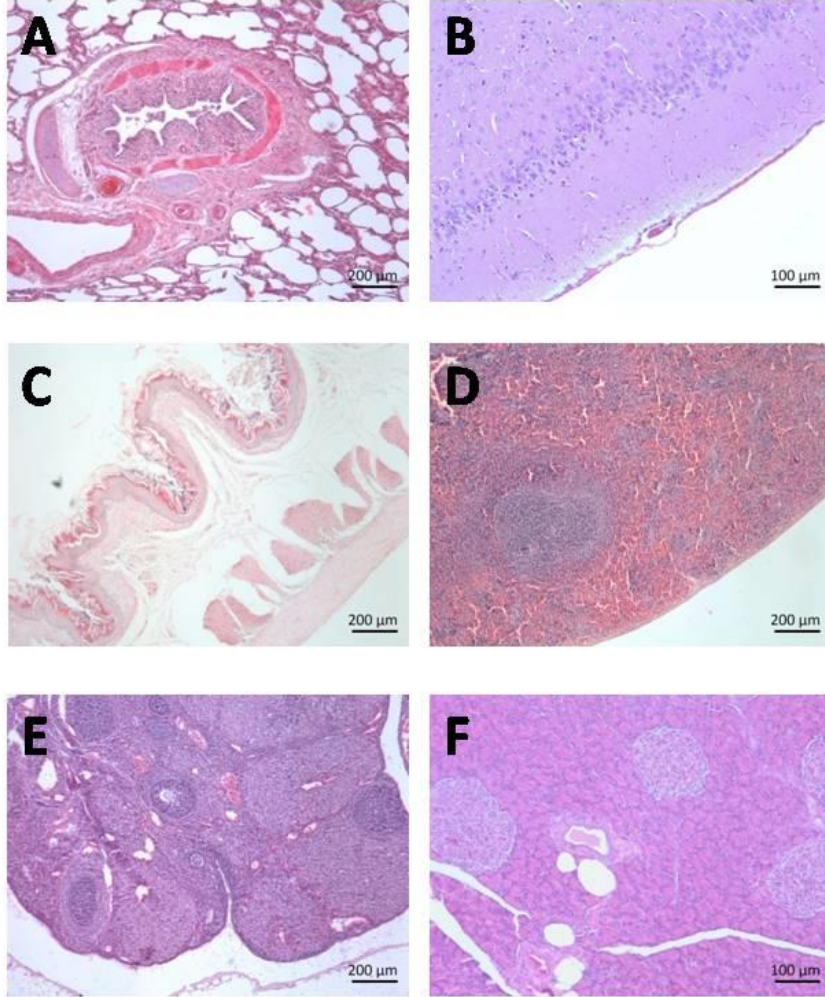
Bu araştırma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (ÇOMÜ BAP) Birimi tarafından (TEG 2017-1059) desteklenmiştir. ÇOMÜ BAP birimine katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

### **KAYNAKLAR**

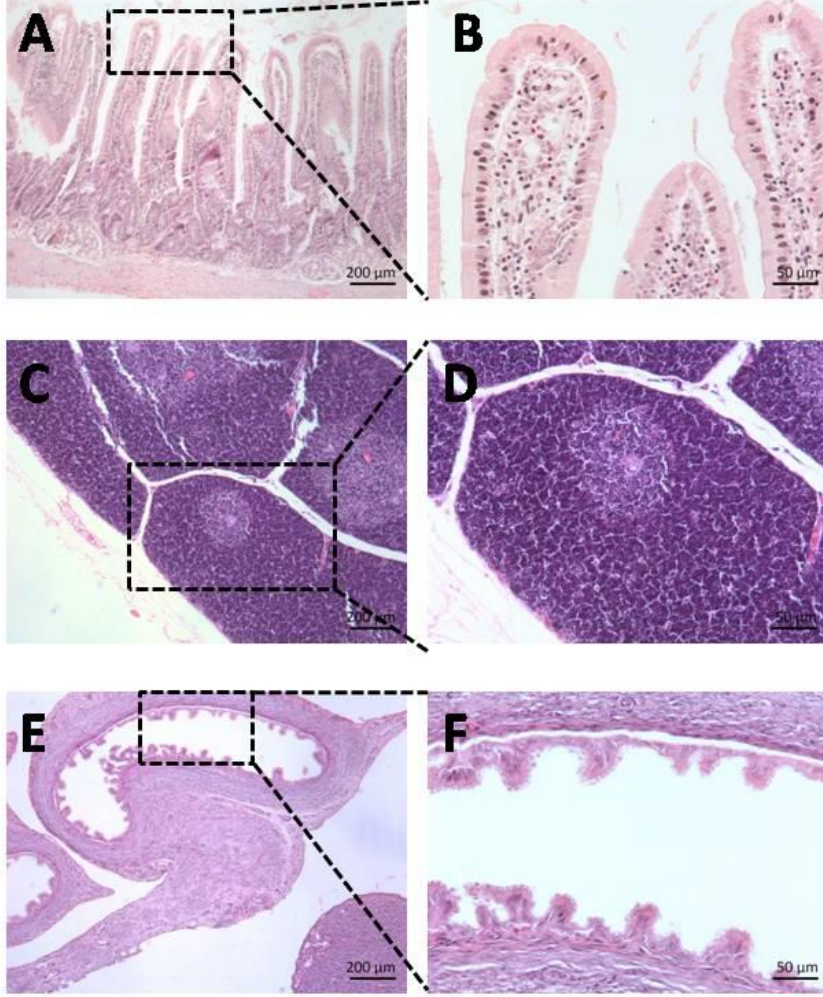
- BATI, H. (2016). “Tıp Eğitiminin Evreleri ve Özellikleri” s.32, (Ed.) SAYEK, İ.. Tıp Eğitici El Kitabı, Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara
- EŞREFOĞLU, M. (2016). Genel Histoloji, İstanbul Medikal Yayıncılık, İstanbul
- HATİPOĞLU, M.T. (2012). Türkiye’de Histoloji ve Embriyoloji, Sage Matbaacılık, Ankara
- SAYEK, İ. (2016). “Tıp Eğitiminin Gelişimi ve Değişimi: 21. Yüzyılda Tıp Eğitimi” s.6. (Ed.) SAYEK, İ.. Tıp Eğitici El Kitabı, Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara
- SEFEROĞLU, S.S. (2006). Öğretim Teknolojileri ve Materyal Tasarımı, Pegem A Yayıncılık, Ankara.
- TÜRK DİL KURUMU (2020). <https://sozluk.gov.tr/30.07.2020>.



**Şekil 1. A: Epitel Dil-çok katlı yassı epitel, B: Bağ dokusu Büyük damar-kahverengi elastik lifler, boya: Verhoeff, C: Bağ dokusu Deri-mavi kollajen lifler, boya: Masson-Trikrom, D: Kas dokusu Dil-iskelet kası çizgilenmeleri, E: Kas dokusu Kalp kası, F: Kulardak dokusu Akciğer-bronş-hiyalin kulardak C, D, E, F Boya: Hematoksilen-Eozin**



**Şekil 1 A: Akciğer, B: Beyin, C: Yemek borusu, D: Dalak, E: Yumurtalık, F: Pankreas  
Boya: Hematoksilen-Eozin**



**Şekil 3 A: Oniki parmak bağırsağı, C: Timus, E: Rahim tüpleri  
B, D, F: A, C, E'nin büyük büyütmede görüntüsü Boya: Hematoksilen-Eozin**

# EKOSİSTEM TABANLI SU KALİTESİ YÖNETİMİ

**Fatma ÖZKAY**

Türkiye Milli Botanik Bahçesi Müdürlüğü

**Hakan ÖZKANDAN**

Türkiye Milli Botanik Bahçesi Müdürlüğü

**Aysel Çağlan GÜNAL**

Gazi Üniversitesi

**İsmail TAŞ**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**ÖZET:** Su kaynakları; üzerindeki yoğun talep baskısı ve iklim kaynaklı yenilenme olumsuzlukları sebebiyle önemli seviyede kirlenmeye başlamıştır. Bu sebeple kötüleşen su kalitesinin çözümüne yönelik farklı yöntemler/yaklaşımlar geliştirilmeye çalışılmaktadır. Başta ekonomik sınırlamalar olmak üzere mevcut teknolojik sınırlılıklar nedeniyle, bu geliştirme çalışmaları sınırlı olmaktadır. Su ekosistemine ulaşan kirletici yüklerin azaltılmasına yönelik çabalar kirlenmenin tamamen ortadan kaldırılmasını sağlayamamaktadır. Su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesine ve giderilmesine karşı alınacak tedbirlerin maliyetleri yüksek olduğundan, herhangi bir tedbirin alınmasına karar verilmeden önce, su ekosistemi açısından elde edilecek faydanın ortaya konulması büyük önem arz etmektedir. Su kirliliğini, yalnızca anlık ölçüm sonuçları ile tanımlamak doğru yaklaşım kabul edilemez. İzleme ve değerlendirmenin de içinde olduğu kaynağa özel yönetim planlarının oluşturulması sürdürülebilir kaynak yönetimi için hayati öneme sahiptir. Su kaynakları yönetiminde; su kalitesi, su miktarı ve sucul ekosistemler tamamen birbirine bağlı olup bütünlük bir çevre içindedir. Ekosistem esaslı su kalitesi yönetimi, su kaynakları yönetiminin en temel bileşenidir. Bu yönetim ile su kaynaklarının daha fazla tahrip olması engellenebilmekte, iyileştirilmesine katkı sağlanabilmekte ve sürdürülebilir su kullanımını gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada, ekosistem esaslı su kalitesi yönetimi üzerinde yoğunlaşarak, ülkemiz ve dünya uygulamaları karşılaştırılacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Su kalitesi, ekosistem, yönetim

### **Ecosystem Based Water Quality Management**

**ABSTRACT:** Water resources; Due to the intense demand pressure on it and the negativities of climate-induced renewal, it started to be polluted significantly. For this reason, different methods / approaches are tried to be developed for the solution of deteriorating water quality. These development studies are limited due to current technological limitations, especially economic limitations. Efforts to reduce pollutant loads reaching the water ecosystem cannot ensure that pollution is completely eliminated. Since the costs of the measures to be taken against the prevention and elimination of pollution of water resources are high, it is of great importance to reveal the benefit to be obtained in terms of the water ecosystem before deciding to take any measures. It is unacceptable to define water pollution only with instantaneous measurement results. Creating resource-specific management plans, including monitoring and evaluation, is vital for sustainable resource management. In water resources management; water quality, water quantity and aquatic ecosystems are completely interdependent and in an integrated environment. Ecosystem-based water quality management is the most fundamental component of water resources management. With this management, further destruction of water resources can be prevented, contributed to its improvement and sustainable water use can be achieved. In this study, focusing on ecosystem-based water quality management, our country and world practices will be compared.

**Keywords:** Water quality, ecosystem, management

## **1. GİRİŞ**

Yaşamsal faaliyetlerin temeli olan su medeniyetlerin oluşmasında da önemli bir etkidir. Tarihsel süreç içerisinde tüm büyük uygarlıklar su kenarlarında teşkil edilmiştir. Suyun sürdürülebilir kullanımının sağlanması yaşamın devamı için gerekli faaliyetlerde (içme, kullanma, sulama, enerji vs) güvenilir şekilde kullanılmasına ve bertaraf edilirken doğada minimum etki bırakmasına bağlıdır. Suyun yaşam döngüsündeki etki ve etkilenebilirlik derecelerinin belirlenmesi ekosistemin devamlılığı açısından önem arz etmektedir.

Dünya genelinde artan nüfusun gıda gereksinimini karşılamak için tarımsal ve endüstriyel tesislerin artması su kaynakları üzerinde baskılar oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra iklim değişikliği ve beraberinde oluşan küresel ısınma da su kaynaklarını tehdit eder vaziyettedir. Bu etkiler suyun hem miktar hem de kalitesinde olumsuzluklara neden olmaktadır. Doğanın sınırlanamazlık ilkesi kirlilik konusunda da ge-

çerlidir. Yani yerel ölçekte oluşan bir etki küresel ölçekte sorunlara sebep olabilmektedir. Tüm bu etkiler suyun havza bazında bütüncül bir yaklaşımla kalite, kantite ve etkilenebilirlik (sucul habitat, biyolojik çeşitlilik, besin zinciri) analizlerinin yapılması şeklinde yönetilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Suyun sürdürülebilir yönetiminin sağlanması kalite, miktar ve sucul yaşamın birlikte değerlendirilmesiyle mümkündür. İyi bir su kaynakları yönetiminin temel bileşenini ekosistem tabanlı nitelik ve nicelik gözlemleri ve değerlendirmeleri oluşturur. Bu yönetim ile su kaynaklarının daha fazla tahrip olması engellenebilmekte, iyileştirilmesine katkı sağlanabilmekte ve sürdürülebilir su kullanımı gerçekleştirilebilmektedir.

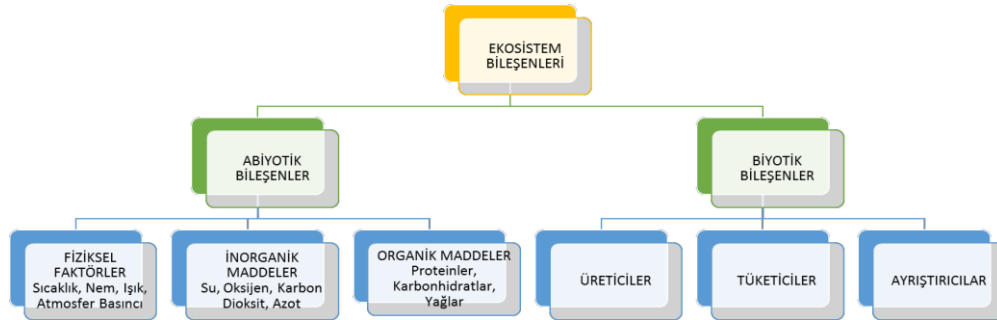
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan tanıma göre su kirliliği; “su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, balıkçılıkta, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılması” olarak tanımlanmaktadır. Birleşmiş Milletler örgütü ise su kirliliğini “doğal koşullarda bulunması gereken konsantrasyondan daha yüksek oranda kimyasal ya da diğer maddelerin bulunması” olarak tanımlanmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Sağlık Enstitüsüne göre ise “ insan, hayvan ve bitki sağlığı açısından zararlı olan kimyasal ve diğer yabancı maddelerin suya bulaşması” olarak tanımlanmaktadır.

Sektörlerin su talepleri ve kullanımları dikkate alındığında, tarım sektörünün en fazla talepçi ve kullanıcı olduğu görülmektedir. Su gereksinimi bakımından değerlendirildiğinde tarım sektörü, diğer sektörlerle kıyaslandığında hemen her safhada suya ihtiyaç duyan bir sektördür. Üretim aşamasından tüketim aşamasına kadar olan her aşamada, farklı oranlarda da olsa suya ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, tarımsal üretimin geniş alanlarda gerçekleştirilmesi nedeniyle de su ihtiyacı fazla olmaktadır. Tarım sektörü, su kirliliği açısından değerlendirildiğinde hem sebep hem de mağdurlarından biri olarak ortaya çıkmaktadır. Su kaynağına bağlı olarak, hatalı tarımsal uygulamalar, su ve toprak tuzluluğu, taban suyu yüklemeleri, sediment ve diğer kirliticilerin deşarjı dikkate alındığında, tarım sektörü önemli bir su kirliliği kaynağıdır. Ancak kirlenmiş yüzey ve yeraltı suları ve aynı zamanda atık suların kullanımı dikkate alındığında mağdur durumundadır. Özellikle atık suların arıtılmasında kullanılan yöntemlerin bir tanesi de tarımsal üretimde uygun kalitedeki atık suların sulama suyu olarak kullanılmasıdır. Ekolojik koşulların yanı sıra su ve toprak ortak yaşamı dikkate alındığında, tarımsal işlemler uygun yöntem ve materyallerle gerçekleştirilmesi durumunda, su kirliliği oluşumu engellenmiş hatta kirlenmiş suların arıtılmasına da katkı sağlanmış olabilir.

Su kalitesi ifadesi sadece suyun içerdiği toplam tuz miktarı ile değil aynı zamanda tuzların cinsinin yanında ekosisteme olan etkisinin de dikkate alınması ve değerlendirilmesini de kapsamalıdır. Örneğin tarımsal üretimde kullanılan suyun kalitesi ya da kullanım için uygunluğu, suyun uzun dönem kullanımı ile ortaya çıkabilecek potansiyel problemleri ifade eder. Mesela tarımsal üretimde su kalitesine bağlı olarak yaygın şekilde karşılaşılan problemler dört ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar, bitki kök bölgesi tuzluluğu, suyun infiltrasyon oranı, özel iyon toksisitesi ve diğer problemlerdir (Ayers vd 1994; Taş 2017). Ancak ekosistem açısından sadece bu parametreler yeterli değildir. Temel olarak fiziksel ve kimyasal parametrelere dayanan su kalitesi değerlendirmelerinde yaygın olarak belirli alanlar için (örneğin içme suyu standartları, sulama suyu standartları gibi) karşılanmakta ancak bu durumda ekosistem açısından yeterli olamadığı gibi bazı durumlarda ciddi problemlere neden olabilmektedir. Bu çalışmada, ekosistem esaslı su kalitesi yönetimi Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi kapsamında değerlendirilerek ülkemizdeki durum tartışılmıştır.

## 2. EKOSİSTEM VE BİLEŞENLERİ

Ekosistem, üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılar bir arada hem kendileriyle hem de parçası oldukları fiziksel çevreyle ilişki içerisinde buldukları fonksiyonel ve heterojen yapıya sahip mekânların birleşmesinden oluşan sistemler olarak tanımlanmaktadır (Özkan 2016). Ekosistem bileşenleri abiyotik ve biyotik bileşenler olup Şekil 1’de gösterilmektedir. Ekosistemler birbirlerinden coğrafi engellerle ayrılmış veya iç içe geçmiş olabilirler. Yeryüzünde küçük bir dere, göl veya yağmur ormanları, okyanus ekosistemleri gibi farklı büyüklükte ekosistemler mevcuttur. Çöller ve ormanlık alanlar karasal ekosistemlere, göl, dere, sulak alan, akarsu, deniz gibi alanlar ise sucul ekosistemlere örneklerdir. Ayrıca, insan eliyle oluşturulan bazı ekosistemler de bulunmaktadır (yapay göller, tarımsal üretim alanları vb.) (Aydar vd 2019).



Şekil 1. Ekosistem Bileşenleri (Aydar vd., 2019).

## 2.1 Sucul Ekosistemler

Bitkilerin ve hayvanların organik, inorganik maddeler ve fiziksel faktörlerle etkileşimde bulunduğu su bazlı ortamlar sucul ekosistem olarak tanımlanmaktadır. Sucul ekosistemler tatlı su, akarsu ve deniz ekosistemleri gibi sınıflara ayrılır.

Haliç, delta ve tuzcul ekosistemler su çevriminde, suyun arıtılmasında kilit rol oynarlar. Ayriyeten balıklar ve sucul organizmalar için beslenme ve barınma alanlarıdır. Mangrov ormanları denizel organizmalar için sığınak alanları oluştururlar. Ağır metal emiliminde rol oynar, fırtına ve doğal afetlerde bariyer görevi görür, erozyonu önlerler (Naber vd 2008).

Yeryüzünün yüzde 70'e yakını deniz ekosistemleri oluşturmasına rağmen tatlı su ekosistemleri dünyanın yüzde 6'sından daha azını kapsamaktadır. Bol miktarda durgun sular, ırmak ve sulak alanlara bölünmektedir. Dereler, göller, ırmaklar, haliçler, mercan resifleri, ve okyanuslar çeşitli sucul ekosistemlerdir. Makro-omurgasızlar, makrofitler, fitoplankton, fitobentoz ve balıklar sucul ekosistemlerin başlıca elemanlarıdır.

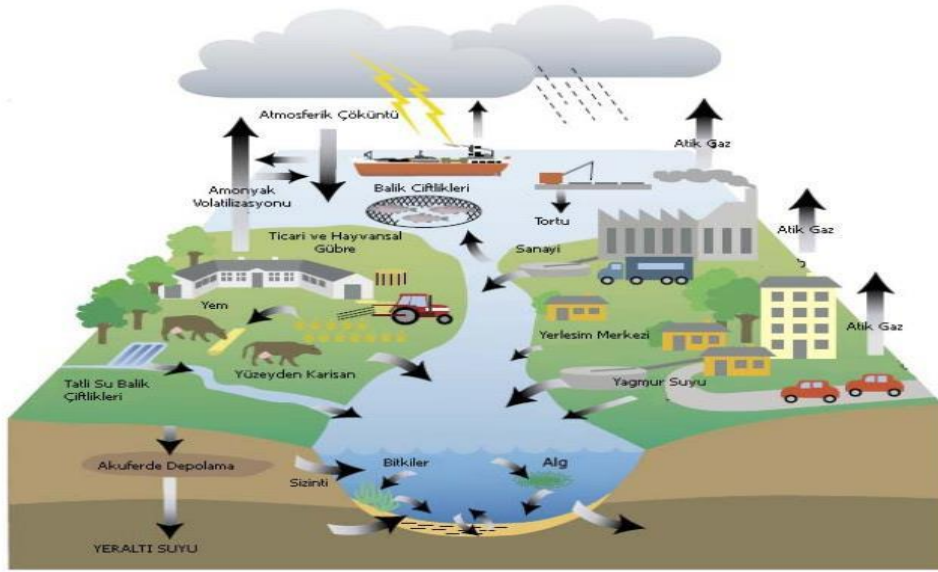
## 2.2 Ekosistemlerin Sağlığı

Ekosistemi oluşturan tüm bireylerin kendileri ve doğal çevreleriyle sağlıklı etkileşimlerde buldukları sağlam temellere dayalı doğal döngülerle çalışan sistemler bütünü sağlıklı ekosistemler olarak tanımlanır. Su güvenliği kavramının merkezinde yerkürede yaşayan insanların temel ihtiyaçlarını (içme, kullanma, gıda gereksinimi, enerji ve rekreasyon) sağlarken doğaya zarar vermemek ve doğal süreçlerin sürdürülebilirliğini tesis etmek yatmaktadır. Su ekosistemlerinin kalitesinin geri dönüşümsüz şekilde kötüye doğru gitmesi sudan faydalanan tüm sektörleri etkileyecektir. Su ortamında yaşayan en küçük canlıdan en yüksek yapıya kadar tüm besin ağı ve biyoçeşitlilik olumsuz etkilenecektir. Balıkçılık, su ürünleri yetiştirilmesi ve pazarlanması, gıda taleplerinin karşılanamaması dolayısıyla ticaret ve sanayi faaliyetlerinin de etkilenmesi olasıdır. Tüm bu sorunlar küresel bir sorun kaynağına dönüşmüş sorunların çözümüne yönelik acil eylem planları, direktifler ve standartlar oluşturulmaya ve uygulanmaya başlanmıştır. Doğayla uyumlu ve doğaya saygılı sürdürülebilir yaşam ve kalkınmanın mümkün olacağına ilişkin toplumsal bilinç oluşturulduğunda sucul ekosistemlerin sağlığı, biyoçeşitliliğin devamlılığı tesis edilecektir. Sucul ekosistemler ileri düzeyde korunabilecek ve iyileştirilebilecektir (Selek ve Karaslan, 2019).

### 2.3. Su Ekosistemlerini Tehdit Eden Kirlilik Kaynakları

Dünya genelinde birçok yerleşim alanı su kıtlığı ile yüz yüzedir. Üretilen besin maddelerinin yüzde 40'a yakını sulama gerektirmektedir. Çevreye duyarlı sürdürülebilir ekonomik gelişme kalkınma faaliyetleri suyun gerekli olduğu mekân ve zamanda bulunabilirliğinden ve kalitesinden önemli oranda etkilenmektedir. Suyun kalitesi kentleşme, nüfus artışı, endüstriyel üretim, iklim değişikliği gibi insani faaliyetler sebebiyle kötüleşmektedir.

Arıtma tesislerinin çıkış suları, yağmur suyu şebekeleri ya da su kanallarıyla doğrudan su kaynaklarına taşınan kirlilik yükleri, gıda üretim alanlarında kullanılan azotlu gübre kalıntılarının su kaynaklarına girişi noktasal kirlilik oluşturmaktadır. Yayıllı kirlilik kaynakları ise doğrudan değil, dolaylı olarak suya ulaşan kirlilik kaynaklarıdır. Su kaynaklarını tehdit eden kirlilik unsurları Şekil 2’de görülmektedir.



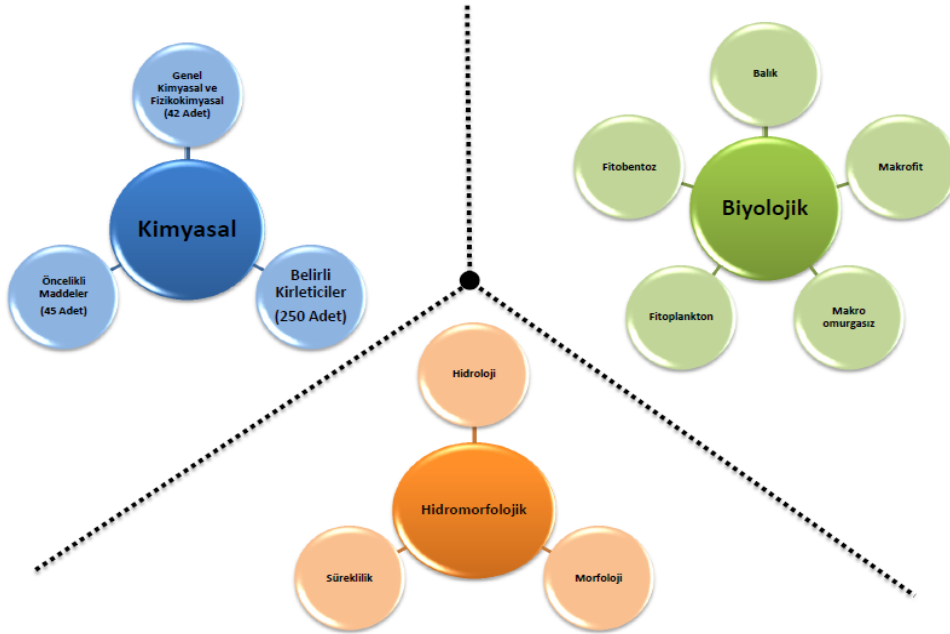
Şekil 2. Su kaynaklarını tehdit eden kirlilik unsurları (Aydar vd., 2019)

### 3. SU ÇERÇEVE DİREKTİFİ

Su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve kalitedeki kötüye gidişin engellenmesi amacıyla hazırlanan Avrupa'nın tüm yüzeysel su kütlelerinde "iyi durum"a ulaşmasını hedefleyen Su Çerçeve Direktifi (SÇD) Avrupa Birliği(AB)'nin su kalitesi ile ilgili temel direktifidir.

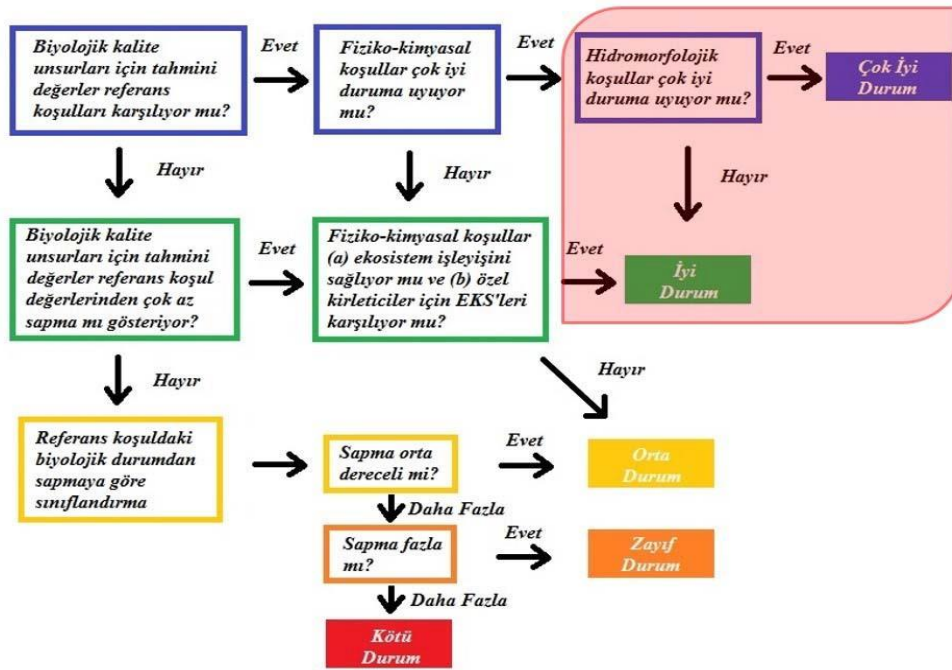
Su kütlelerinin izlenmesi neticesinde elde edilen verilerle oluşturulan indeks değerlerle ekolojik kalite oranları ve suyun ekolojik durum ve potansiyelleri belirlenir. Mevcut verilerin referans bölgelerden elde edilen verilere oranı “Ekolojik Kalite Oranı (EKO/EQR)” olarak ifade edilir. Bu oran 0 ile 1 arasında sayısal bir değerdir. 1’e yakın değerler çok iyi durum, 0’a yakın değerler kötü durum olarak kabul edilir (Uyanık ve Cebe 2017).

Su Çerçeve Direktifi’ne göre su kalitesi sınıflandırması “biri kötü ise hepsi kötü kuralına” göre yapılmaktadır. Omurgasızlar, bitkiler, balıklar gibi biyolojik kalite bileşenleri, çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık gibi kimyasal ve fizikokimyasal parametreler, pestisitler ve ağır metaller gibi özel kirleticilerin varlığı ekolojik durumun tespitinde kullanılmaktadır. Sadece çok iyi durumunun belirlenmesinde hidromorfolojik özelliklere bakılmaktadır. En düşük kaliteyi gösteren unsur hangisiyse ekolojik durumu o belirler (SÇD Uygulama el kitabı). Su kalite sınıflandırmasında kullanılan belirleyici parametreler Şekil 3’de gösterilmektedir. Su Çerçeve Direktifi’nin uygulama adımları ise Şekil 4’de bulunmaktadır.



Şekil 3. Su kalite sınıflandırmasında kullanılan belirleyici parametreler (Çetin 2018).

Yaşadığımız yüzyılda toplum için en önemli zorluklardan birisi artan nüfusun gıda, enerji ve su gereksinimini karşılarken; ekosistemlerin önemli mal ve hizmet sağlama özelliklerini geri dönüşümsüz hale getirmemek ve mevcut su güvenliğinden ödün vermemektir. Ekosistem tabanlı su kalitesi yönetimi, su kaynakları yönetiminin ana bileşenidir. Bu yöntemle su kaynaklarının daha fazla zarar görmesi engellenerek, iyi duruma ulaşma hedefi sağlanacaktır. İleri seviye koruma ve kalite iyileştirme çalışmaları yürütülebilecektir.



Şekil 4. Su Çerçeve Direktifi Uygulama Adımları (Oğuz vd., 2019).

### 3.1. Ülkemizdeki durum

Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi'nin uygulanması kapsamında Ülkemizde 25 havza içerisinde bulunan 652 göl, 1.805 nehir alanında su miktarı belirlenmiştir.

- Nehirler için 56, göller için 23 farklı tipoloji belirlenmiştir.
- Su ortamlarında baskı oluşturan kirleticiler belirlenmiştir.
- Hassas alanlarda göl trofik seviyeleri ve nehir suyu kaliteleri belirlenmiştir.

- Kentsel hassas alanlar (KHA), ve/veya nitrata hassas alanlar (NHA) tespit edilmiştir.
- Kıyı alanlarındaki sular için etkilenebilirlik durumları belirlenmiştir.

Hassas alanlarda su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik su kalite hedefleri ve hedeflere ulaşılması için alınması gereken tedbirler belirlenmiştir (Aksu vd 2019).

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizin 25 havzasında izleme faaliyetleri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne yürütülmektedir. Ülkemizdeki düzenli takip çalışmalarını SÇD ile uyumlu hale getirebilmek için biyolojik parametrelerle desteklenen bir izleme sisteminin oluşturulması elzemdir. Ülkemize özgü farklı biyocoğrafik bölgelerin varlığı nedeniyle su kalitesi sınıflandırılmasında kullanılacak biyolojik indekslerin belirlenmesi gerekmektedir (Aksu vd 2019).

Ekolojik durum belirlenebilmesi için referans alanlar belirlenerek tipe özgü referans şartlar tespit edilmeli ve tiplere özgü sınıf sınır değerleri belirlenmelidir. ABSÇD kapsamında yapılması gereken izlemelerin doğru şekilde gerçekleştirilmesi anlamında; ekiplerin yetersizliği, ülkemizin yüzölçümünün diğer Avrupa Birliği üye ülkelerinden büyük olması, ekonomik nedenler ve arazi şartları gibi nedenlerden ötürü zorluklar yaşanmaktadır (Aksu vd 2019).

Akarsularda, akış oranı, besleyici tuzlar ve sıcaklık gibi faktörlerin ölçümlerindeki değişiklikler sebebiyle akarsular diğer habitatlara göre daha az çalışılmaktadır. Üstelik faktörler arasındaki karmaşık etkileşim ile akarsuyun flora ve faunası da hızlı bir değişikliğe uğramaktadır. Akarsular evsel, endüstriyel kaynaklı kirleticilerin deşarjı ile zarar gören bir ekosistem konumundadır. Akarsuların izleme yöntemleriyle izlenmesi ve doğal yapılarının bozulmaması adına çalışmaların yapılması hem ülkemiz hem de dünya için önem arz etmektedir (Taş vd 2011).

Ülkemizde su kaynaklarının korunması adına çalışmaların hızlandırılması gerekmektedir. Biyolojik izleme ile canlıların izlenmesi su kirliliğinin boyutlarını anlama konusunda önemlidir. Su kalitesi izleme yöntemlerinin Avrupa Birliği ile uyumlu şekilde gerçekleştirilmesi gerekir (Taş vd 2011).

## KAYNAKLAR

- Aksu C., Çetin T., Bahçeci H., Özüdoğru A., Günhan Ö., Karaaslan Y., Yetiş Ü., 2019. Su Kaynaklarının Kalite Durumu Belirleme ve Çevresel Hedefler. Ekosistem Esaslı Su Kalitesi Yönetimi. Ed. Selek Z. ve Karaaslan Y. e-ISBN No: 978-605-82367-0-7 <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ekosistem%20Esaslı%20Su%20Kalitesi.pdf>
- Aydar M.E., Gültekin O. Ş., Albay M., 2019. Ekoloji ve Hidrojeoloji. Ekosistem Esaslı Su Kalitesi Yönetimi. Ed. Selek Z. ve Karaaslan Y. e-ISBN No: 978-605-82367-0-7 <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ekosistem%20Esaslı%20Su%20Kalitesi.pdf>
- Ayers, R.S., Westcot D.W., 1994. Water Quality for Agriculture. FAO Irrig. And Drain. Paper No.29. Rome, 1989.
- Çetin, T., 2018. “Su Çerçeve Direktifine Göre Ekosistem Esaslı Değerlendirme: Türkiye’de Geline Son Durum” Semineri. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü İzleme ve Su Bilgi Sistemi Dairesi Ankara.
- Naber, H., Lange G.M., Hatzios M., 2008. Valuation of Marine Ecosystem’ Services:Gap Analysis, 2008 url: <https://www.cbd.int/marine/voluntary-reports/vr-mc-wb-en.pdf> son erişim tarihi 2.9.2015.
- Oğuz T.C., Şiltu E., Özdemir O., Perçin S., Çetin T., Bahçeci H., Turan N., Yıldırım E., Bakır N., Koyun S., Çakmakçı M., 2019. Su Kalitesi. Ekosistem Esaslı Su Kalitesi Yönetimi. Ed. Selek Z. ve Karaaslan Y. e-ISBN No: 978-605-82367-0-7 [https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/](https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ekosistem%20Esaslı%20Su%20Kalitesi.pdf)
- Özkan, K., 2016. On the way of only one fundamental information layer for everything within new paradigm sense; ecosystem qualification mapping Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University 2016, 66(2): 410-444. ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257.
- Selek Z., Karaaslan Y., 2019. Ekosistem Esaslı Su Kalitesi Yönetimi. Ed. Selek Z. ve Karaaslan Y. e-ISBN No: 978-605-82367-0-7 <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/ Ekosistem%20Esaslı%20Su%20Kalitesi.pdf>
- Su Çerçeve Direktifi’nin Türkiye’de Uygulanması. Uygulama El Kitabı. 13/99047338/MJH, revizyon F1.

- Tas, İ., Özkay, F., Akgül, S., 2011. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Sürdürülebilir Su Kalitesi Yönetimi. Prof. Dr. Nuri Munsuz Ulusal Toprak ve Su Sempozyumu. 25-27 Mayıs. 2011 Ankara.
- Taş İ., 2017. Su Kirliliğinin Tarıma Etkileri. Gübreleme ve Sulama. Tarım Türk Dergisi. Sayı 63. 39-43.
- Uyanık, S., Cebe, A., 2017. AB Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Biyolojik Kalite Unsurları İle Su Kalitesinin İzlenmesi Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi 03 (2017) p.64-72



# TRİTİKALEDE EMASKULASYONDAN SONRA FARKLI ZAMANDA TOZLAMAMANIN STİGMA ALICILIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

**Doç. Dr. Mustafa YILDIRIM**  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

**ÖZET:** Tozlama süresi stigmanın alıcılığı üzerinde etkili bir faktördür. Sıcaklık, yağış ve nispi tozlama süresini etkiler. Tüm tahıl türlerinde başarılı tozlaşmayı ve tohum sayısını etkiler. Farklı bölgelerdeki sıcaklık, yağış ve bağıl nem stigmanın alım süresini etkiler. Bu çalışmada, tritikalede emaskulasyondan sonra tozlama süresinin stigma alıcılığı üzerine etkisi çalışılmıştır. Çalışma, Ayşehanım (ana) ve Mehmetbey (baba) tritikale çeşitleri kullanılarak Kahramanmaraş ilinde (Türkiye) yürütülmüştür. 19 Nisan 2020'de yaprak kınmından başağın yarısının görüldüğü dönemde (Zadoks-50) 40 başak seçilmiş ve her başakta 30 çiçek emaskule edilmiştir. 10 kombinasyon oluşturulmuş ve her kombinasyon için 4 başak kullanılmıştır. Tozlama öncesi zarar görmemiş stigmalar sayılmıştır. Kombinasyonlar 20 (1st), 21 (2nd), 22 (3. gün), 23 (4. gün), 24 (5. gün), 25 (6. gün), 26 (7. gün), 27 (8. gün), 28 (9. gün) ve 29 (10. gün) Nisan 2020'de tozlanmıştır. Çalışmanın yapıldığı günlerde sıcaklık değişimi 4.3-27.9°C arasında, ortalama sıcaklık 15.9°C, toplam yağış 61.8 mm ve ortalama nispi nem %58.2 olarak gerçekleşmiştir. Bulgulara göre, kombinasyonlardan elde edilen tohum sayıları 2 (10. gün) ve 84 (4. gün) arasında değişim göstermiştir (tanelerin toplam sağlıklı çiçekteki oranları sırasıyla; %1.71 ve %72.41). 4. günü 6., 5., 3., 7. ve 2. günler izlemiştir (sırasıyla; 77 (%70.64), 74 (%67.27), 71 (%64.55), 54 (%46.15) ve 41 (%36.28) tohum). Sonuç olarak, verilen iklim şartlarını taşıyan lokasyonda emaskulasyondan sonra 3. ve 6. günler arasında stigma alıcılığının diğer günlere kıyasla daha güçlü olduğu söylenebilir.

**Anahtar kelimeler:** Melezleme, stigma alıcılığı, tozlama günü, tritikale

## The Effect of Pollination at Different Day Intervals after Emasculation on Stigma receptivity in Triticale

**ABSTRACT:** Pollination time is an effective factor on the receptivity of the stigma. It affects successful pollination and number of seeds in all grain cereals. Temperature, precipitation and relative humidity in different locations

affect on duration of stigma receptivity. In this study, the effect of pollination time on stigma receptivity after emasculation was studied in triticale. Study was carried out in Kahramanmaraş province of Turkey using as Aysehanım (female) and Mehmetbey (male) triticale varieties. On the 19th of April 2020, 40 spikes were selected according to Zadoks-50 (when half part of spike was visible at the flag leaf sheath) and 30 florets were emasculated in each spike. 10 combinations were created and 4 spikes were shared for each combination. Non-damaged and healthy stigmas were counted before pollination. Combinations were pollinated on 20 (1st), 21 (2nd), 22 (3th), 23 (4th), 24 (5th), 25 (6th), 26 (7th), 27 (8th), 28 (9th) and 29 (10th) April 2020. On the days of the study, the temperature was changed between 4.30C and 27.90C, the average temperature was 15.90C, the total precipitation was 61.8 mm and mean relative humidity was 58.2%. According to the findings, the number of seeds obtained from combinations were varied between 2 (10th) and 84 (4th) (the percentage of grains in the total healthy florets; 1.71% and 72.41%, respectively). Combination on the 4th day was followed by 6th, 5th, 3th, 7th and 2nd days (77 (70.64%), 74 (67.27%), 71 (64.55% seeds), 54 (46.15%) and 41 (36.28%), respectively). As a result, the vigor of stigma receptivity was more successful between 3th and 6th days after emasculation compared to other days under the given climate condition.

**Keywords:** Crossing, stigma receptivity, pollination day, triticale

## 1. Giriş

Son yıllarda artan nüfus, tarım alanlarının amaç dışı kullanımı ve artan gıda talebi ciddi sorun oluşturmaya başlamıştır. Gıda ihtiyacını karşılama noktasında tek çözümün birim alandan alınan ürün miktarını arttırmak olduğu bilim camiası tarafından vurgulanmaktadır (Güneş ve Bulut, 2006; Baydar, 2015). Birim alandan verimin artırılma yöntemleri yetiştirme tekniği, gen mühendisliği ve ıslah olarak sıralanabilir. Yeni çeşit geliştirmede melezleme ıslahı en önemli yöntem olarak yerini korumaktadır (Akar, 2004; Yıldırım, 2005).

Son yıllarda, serin iklim tahılları içerisinde tritikale önemli oranda yer almaya başlamıştır (Zilinsky ve Borlaug, 1971). Tritikalenin verim unsurlarından olan başakçık sayısı, başakta tane sayısı ve yüksek bin tane ağırlığı oldukça yüksektir (Kolev, 1967). Özellikle tritikalenin marjinal alanlarda gösterdiği üstün performansı yüzünden ıslah çalışmaları yoğun bir şekilde yürütülmektedir ve çok sayıda çeşit geliştirilmiştir. Tritikale (*X Triticosecale* W.) buğday (*Triticum aestivum*, *Triticum durum* ve *Triticum monococcum*) ve çavdarın (*Secale cereale*) melezlenmesi sonucu

elde edilmiş bir amfidiploid serin iklim tahılı türüdür. Ticari olarak kullanılan tritikale türü makarnalık melezinden gelen hekzaploid ( $2n=42$ ) olanıdır (Sapra ve Heyne, 1973). Tritikalenin çiçek yapısı tipik serin iklim tahıllarında olduğu gibi 2 başlı stigmaya sahip tek ovaryumlu dişi ve 3 adet erkek organdan ibarettir. Bu nedenle kullanılan melezleme yöntemi diğer serin iklim tahılları ile aynıdır. Tritikale, diğer serin iklim tahılları içinde babası olan çavdardan sonra en fazla yabancı dölleme özelliğine sahip bitki türüdür. Bu özellikler tritikalede melezleme başarısını kolaylaştırmaktadır.

Tritikalenin melezleme ıslahında istenilen karakterlerin bir bireyde toplanması noktasında varyasyonu arttırma amacı vardır. Varyasyonun fazla olması uzak genetik tabanlı bitkilerin melezlenmesi ve fazla sayıda melez tohumu elde etmekle olur. Fazla tohum, uygun alet ekipman, başarılı bir emaskulasyon ve uygun tozlama zamanının seçilmesine bağlıdır. Tozlama zamanı stigmanın alıcılığı üzerine etkilidir sonucu ortaya çıkar. Tozlama alıcılığı üzerine hava sıcaklığının etkisi büyüktür (Purnhauser, 1993). Tarla şartlarında çevre şartlarına bağlı olmak üzere emaskulasyondan sonra stigma alıcılığı buğday için 6-13 gün arasında değişir. Optimum şartlarda melezleme zamanı 2-5 gün arasında değişir (De Veries, 1971). D'Souza (1972), 20°C sıcaklık ve %60 nispi nemindeki kontrollü şartlar altında tohum oluşumunun en iyi olduğunu, bu şartlar altında en iyi stigma alıcılığının emaskulasyondan 4 gün sonra gerçekleştiğini ve 8 gün sonra ise sona erdiğini bildirmiştir. Bununla birlikte, 30°C sıcaklık ve %40 nispi nem altında stigma en iyi alıcılığı 2 gün sonra ve son alıcılığı 5 gün sonra yaptığı ortaya konmuştur.

Bu çalışmada, tritikale melezlerinde stigma alıcılığının süresini tespit etmek için en uygun tozlama zamanları üzerine bir çalışma yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

Bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deneme Arazisi'nde yürütülmüştür (37° 38' kuzey enlem ve 36° 37' doğu boylam).

Deneme arazisinin toprak yapısı killi-tınlı, hafif alkali, çok az kireçli, hafif tuzlu, yarayışlı fosfor uygun, yarayışlı potasyum orta ve organik madde kabul edilebilir düzeydedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışma alanına ait toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

İncelenen Özellikler	Değerler
Su ile doygunluk (%)	59.95
Toprak tuz (%)	0.10
Su ile doymuş toprakta pH	7.21
Kireç CaCO <sub>3</sub> (%)	0.80
Fosfor P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	23.51
Potasyum K <sub>2</sub> O (ppm)	235.30
Organik madde (%)	2.42

Denem yerine ait iklim verileri Çizelge 2’de verilmiştir. İklim verilerine göre melezleme dönemine olumsuz olmayan bir hava durumu gözlenmiştir.

Çizelge 2. Dene alanında 15-30 Nisan 2020 tarihlerine ait bazı iklim verilerine

Saatler	Ort. Nispi Nem (%)	Toplam Yağış (mm)	Ort. Sıcaklık (°C)	Saatlik Ort. Rüzgar hızı m/sn	Aktüel Basınç (hPa)
0	65.8	0	13.7	0.7	944.9
1	68.7	0	13.2	0.6	944.9
2	71.3	0	12.7	0.5	944.9
3	73.7	0	12.3	0.6	945.1
4	71.7	0	13.0	0.6	945.6
5	66.5	0	14.5	0.5	945.9
6	58.1	0	16.7	0.7	945.9
7	51.9	0	18.6	1.1	946.0
8	44.5	0	20.4	1.2	945.8
9	38.3	0	21.8	1.3	945.3
10	33.8	0	22.7	1.2	944.8
11	31.1	0	23.4	1.0	944.4
12	29.9	0	23.2	1.6	943.9

Tritikalede Emaskulasyondan Sonra Farklı Zamanda Tozlamının...

13	31.8	0	22.8	1.6	943.6
14	33.4	0	22.0	1.3	943.6
15	37.5	0	20.8	1.4	943.7
16	43.1	0	19.6	1.3	943.9
17	45.9	0	18.7	1.6	944.4
18	49.7	0	17.9	1.7	945.0
19	53.6	0	17.2	1.4	945.2
20	56.1	0	16.1	0.9	945.2
21	55.3	0	15.8	1.3	945.3
22	58.3	0	15.1	0.8	945.0
23	61.7	0	14.5	0.5	944.8
Tüm Ay	58.2	61.8 mm	15.9		

Denemede Ayşehanım (ana olarak) ve Mehmetbey (baba olarak) tiritkale çeşitleri kullanılmıştır. Emaskulasyon işlemi klasik melezleme yönteminde kullanılan alet ve ekipmanlar ile yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Melezlemede kullanılan ekipmanlar

Emaskulasyon işlemi 19 Nisan 2020 tarihinde yapılmıştır (Çizelge 3). Her kombinasyon için Ayşehanım tritikale çeşidinden her başakta 30 çiçek olacak şekilde toplamda 5 adet başak emaskule edilmiştir. 10 farklı tarihte tozlamak kombinasyonları için 50 adet başak emaskule edilmiştir. Emaskulasyon için %50 başağın yaprak kısmından çıkmış olanları seçilmiştir.

Tozlamada her ana başak için Mehmetbey çeşidinden 3 adet başak tozlayıcı olarak kullanılmıştır. Tozlama işlemi ilk kombinasyon için hemen emaskulasyonun ertesi günü (20 Nisan 2020) başlanmış, birer gün arayla devam etmiş ve son kombinasyon için 29 Nisan 2020 tarihinde tamamlanmıştır. Tozlayıcı olarak seçilen başakların anterleri başağın ortasından çımaya başlamış olanlarından seçilmiştir. Sağlıklı bir anter 1000'den fazla polen üretebilir (Lersten, 1987). Her polenden en iyi şekilde yararlanmak için uygulama şekli çok önemlidir. Bu yüzden tozlama işlemi firfırlama yöntemi ile sabah saatlerinde yapılmıştır (CIMMYT, 2000).

Çizelge 3. Emaskulasyon ve tozlama işlemlerine ait veriler

Emaskulasyon Tarihi	Emaskule Edilen Başak Sayısı (adet)	Toplam sağlıklı çiçek sayısı	Tozlama Tarihi	Tozlama Günleri Farkı (gün)	Kombinasyon Başına Tozlayıcı Başak (adet)	Toplam Tozlayıcı Başak (adet)
19 Nisan 2020	5	132	20 Nisan 2020	1	3	15
19 Nisan 2020	5	141	21 Nisan 2020	2	3	15
19 Nisan 2020	5	138	22 Nisan 2020	3	3	15
19 Nisan 2020	5	145	23 Nisan 2020	4	3	15
19 Nisan 2020	5	140	24 Nisan 2020	5	3	15
19 Nisan 2020	5	136	25 Nisan 2020	6	3	15
19 Nisan 2020	5	145	26 Nisan 2020	7	3	15
19 Nisan 2020	5	144	27 Nisan 2020	8	3	15
19 Nisan 2020	5	143	28 Nisan 2020	9	3	15
19 Nisan 2020	5	145	29 Nisan 2020	10	3	15
<b>Toplam</b>	<b>50</b>	<b>1409</b>			<b>30</b>	<b>1500</b>

Hasat döneminde kombinasyonlara ait başaklar Haziran ayında hasat edilmiş ve daneleri sayılarak veriler toplanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde Excel programı kullanılmış ve grafik çizimleri yapılmıştır.

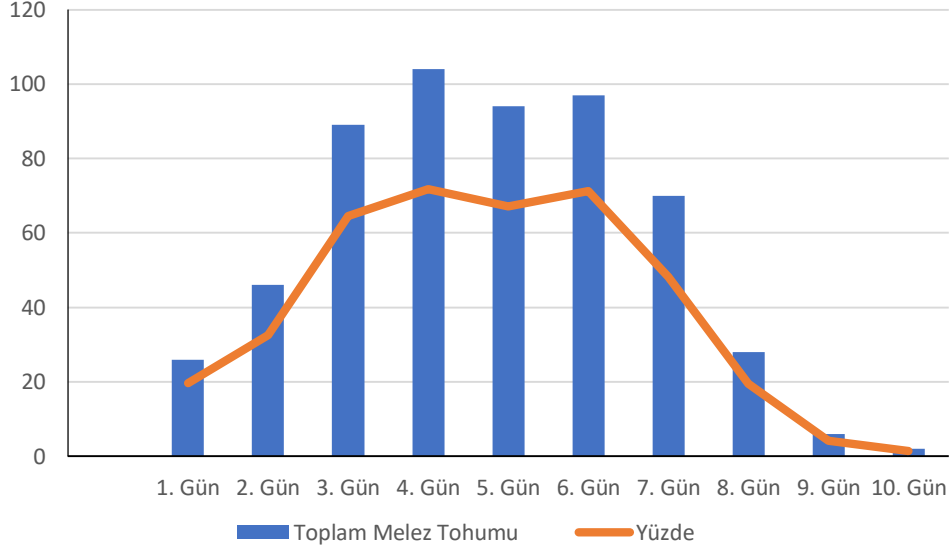
### 3. Bulgular ve Tartışma

10 kombinasyon için elde edilen veriler Çizelge 4 ve Şekil 2’de verilmiştir. Tüm kombinasyonlara ait toplam elde edilen dane sayısı 562 adet olmuştur (%39.89 başarı oranı ile). En fazla dane %71.72 değeri ile 4. gün (104 adet/kombinasyon) elde edilmiştir. Deneme yılına ait iklim değerlerine bakıldığında, en yüksek tohum alınan 4. gün D’Souza (1972)’nın buğday için bildirdiği bulguları destekler niteliktedir. Fakat, D’Souza (1972)’nin buğday için 8. günde sona erdiğini bildirdiği stigma alıcılığı süresi tritikalede yapılan bu çalışmada 10. gün dahi devam etmiştir. Bu durum belki günlük sıcaklık değişimi (gece-gündüz) ile yorumlanabilir. 4. gününe ait değeri 6 (%71.32), 5 (%67.14), 3 (%64.49), 7 (%48.28) ve 2 (%32.62) günler izlemiştir (97, 94, 89, 70 ve %46 adet/kombinasyon).

Çizelge 4. Kombinasyonlara ait melez tohum miktarları ve yüzde oranları

Tozlama Günleri	Toplam Melez Tohumu (adet/kombinasyon)	Yüzde
1. Gün	26	19.70
2. Gün	46	32.62
3. Gün	89	64.49
4. Gün	104	71.72
5. Gün	94	67.14
6. Gün	97	71.32
7. Gün	70	48.28
8. Gün	28	19.44
9. Gün	6	4.20
10. Gün	2	1.38
Toplam	562	39.89

1 (%19.70) ile 8 (%19.44) günlerde yapılan tozlamalarda yaklaşık aynı tohumlar elde edilirken, 9 (%4.2) ve 10 (%1.38) günlerinde düşük miktarda melez tohumlar elde edilmiştir.



Şekil 2. Tozlaşma günlerine ait toplam melez tohum miktarları ve yüzde oranları

#### 4. Sonuç

Kombinasyonlardan elde edilen dane sayıları 2 (10. gün) ve 104 (4. gün) arasında değişim göstermiştir (tanelerin çiçekteki tutma oranları sırasıyla; %1.38 ve %71.72). En yüksek dane tutma oranları 4., 6., 5., 3. ve 7. günler izlemiştir (sırasıyla; %71.32 (97 adet), %67.14 (94 adet), %64.49 (89 adet) ve %48.28 (70 adet)). Verilen iklim şartlarını taşıyan lokasyonlarda emaskulasyondan sonra 3. ve 7. günler arasında stigma alıcılığının başarılı olduğu söylenebilir.

Kontrollü şartlar altında ve farklı iklim seviyelerinde bu çalışmanın tekrar edilmesi stigma alıcılığının süresi noktasında daha farklı ve faydalı sonuçlar verecektir.

## KAYNAKLAR

- Akar, T. (2004). Bitki ıslahındaki başarı ve artırılmış örtücü gen etkisi ile de novo varyasyonundan sağlanan genetik çeşitlilik. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, p. 20-34.
- Baydar, H. (2015). Bitki ıslahında genetiğin yeri ve önemi “yeni yeşil devrimlere, yeni norman borlauglara ihtiyacımız var”. Türktob Dergisi, p. 8-12.
- CIMMYT (2000). Wheat training course; breeding. International Maize and Wheat Improvement Center Trainin Course Book. p. 238-253.
- D'Souza, L. (1972). A comparative study of the size and receptivity of the stigma in wheat, rye, *Triticale* and *Secalotricum*. Z. Pflanzenzücht. 68: 73–82.
- De Vries, A.P. (1971). Flowering biology of wheat, particularly in view of hybrid seed production. A review. Euphytica 20: 152-170.
- Güneş, H.H., Bulut, M. (2006). Sermaye birikiminin tarımsal sulamada kullanımı (Diyarbakır örneği). Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi www.e-sosder.com ISSN:1304-0278. C.5 S.15(123-135).
- Lersten, N.R. (1987). Morphology and anatomy of tho wheat plant. Wheat and Wheat Improvement, Second Ed. USA., p. 33-75.
- Purnhauser, L. (1993). A method for crossing non-synchronously flowering parents in wheat, using cold storage of the female parent. Cereal Research Communications, Vol. 21, 175-179.
- Sapra, V.T., Heyne, E.G. (1973). Variations in Yield Characteristics in Three Populations of Winter Triticale. Transactions of the Kansas Academy of Science, 76 (1): 18-23.
- Yıldırım, M. (2005). Seçilmiş altı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* l.) çeşidinin diallel F<sub>1</sub> melez döllerinde bazı tarımsal, fizyolojik ve kalite karakterlerinin kalıtımı üzerinde bir araştırma. çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi, 290s.
- Zilinsky, F.J., Borlaug, N.E. (1971). Progress in Developing Triticale as an Economic Crop. Research Bulletin, No:17, CIMMYT-Mexico.



# 1900'LÜ YILLARDAN GÜNÜMÜZE TÜRKİYE'DE YULAF (*Avena sativa* L.) TARIMI

**Mustafa YILDIRIM**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

**Songül ÇİFTÇİ**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

**ÖZET:** Dünyada geçmiş yıllarda yulaf (*Avena sativa* L.) yeşil ot ve tane olarak hayvan beslenmesi için kullanılırken, son yıllarda besin değerinin anlaşılmasından dolayı insan beslenmesinde ve endüstride de kullanım alanı artmıştır.

Osmanlı Devleti'nin son yılları ve Türkiye Cumhuriyet tarihinin başlarında haralarda atların beslenmesi için yoğun yulaf yetiştiriciliği yapılmaktaydı. 1897 yılında yulaf ekim alanı 1.645.591 da iken, 1914 savaş yıllarında ekim alanı 881.040 da'a düşmüştür. Cumhuriyet tarihinin başlarında (1925) yulaf ekim alanı 1.064.150 da ile toplam tahıllar içinde %2.23'lük değere sahip olmuştur. Aynı yıllarda, üretim açısından 165.336 ton ile toplam tahıllar içinde % 4.73'e ulaşmıştır. 1925'lerde yulafın verimi 155 kg/da'dır. Bu dönemde serin iklim tahılları içinde buğdayın ekim alanı %65.63 ve üretim %45.14 düzeyindedir. 1950'lerde dünyadaki Yeşil Devrimden yulaf bitkisi de etkilenmiş ve ekim alanı (3.023.760 da) ve üretim miktarında (315.601 ton) artışlar başlamıştır. Özellikle Türkiye'de 1963 tohumculuk yasasından sonra yulafın gelişim hızı artmıştır. Türkiye'de 1963 yılından bugüne kadar 33 adet yulaf çeşidi tescil edilmiştir. Ancak milli çeşit listesinde 2020 itibariyle 24 yulaf çeşidi yer almaktadır. 2019 yılı verilerine göre ekim alanı 3.660.316 da, üretimde tane 265.000 ton ve yeşil ot 3.155.797 ton ve verim tanede 242 kg/da ve yeşilot 1.233 kg/da düzeyinde gerçekleşmiştir.

Yulafın insan ve hayvan beslenmesi açısından önemine rağmen geldiğimiz noktada ekim ve üretim alanları beklenen düzeyde değildir. Yulaf bitkisi için Anadolu önemli bir coğrafyadır. Bu bakımdan, ıslahı ve yetiştirme tekniği konularına ağırlık verilmelidir. Bu noktada, Bakanlığın yulaf destekleri önemli rol oynayacaktır.

**Anahtar Kelime:** Ekim alanı, üretim, Türkiye, yulaf, verim

## Oat (*Avena Sativa L.*) Cultivation from 1900s to Present-Day in Turkey

**ABSTRACT:** While oat (*Avena sativa L.*) has been used for animal nutrient as green fodder and grain in the past years over the world, areas of its usage has increased for human consumption and industry due to the understanding of importance of nutrient content in recent years.

In the last years of the Ottoman Empire and in the beginning of history of Turkey Republic, intensive oat was cultivated in farms for feeding of horses. From oat cultivation areas were 1.645.591 da in 1897 to they were decreased to 881.040 da by war year in 1914. At the beginning of the republic history (1925), the oat cultivation areas had a value of 2.23% among all of cereals with 1.064.150 da. In the same years, it's production had been reached 4.73% among all of cereals with 165.336 tonnes. Grain yield of oat was 155 kg da<sup>-1</sup> in 1925. In this period, the cultivation area of wheat among winter cereals was 65.63% and production was 45.14%. In 1950s, the oat cultivation was also affected by the Green Revolution in the world and increases of it's production (315.601 tonnes) and cultivation area (3.023.760 da) have been started. The importance of oats in agriculture has been increased especially after the 1963 seed law in Turkey. 33 cultivars of oat have been registered in Turkey since 1963. However, there are 24 oat varieties in the national variety list in 2020. According to database of 2019, the cultivation areas has been reached 3.660.316 da in the total. While grain yield of oat was 242 kg da<sup>-1</sup> and its production was 265,000 tonnes, yield of green fodder was 1.233 kg da<sup>-1</sup> and its production was 3.155.797 tonnes.

Despite the importance of oats in terms of human and animal nutrition, cultivation and production areas are not at the expected level. Anatolia is an important geography for the oat plant. In this respect, more importance should be given to breeding and agronomic techniques of oat. At this point, the producers of oat to be supported by the Ministry will has an important factor.

**Keywords:** Cultivated area, oats, production, Turkey, yield

### 1. GİRİŞ

Ülkemiz tarih boyunca çeşitli uygarlıkları barındırmıştır. Ev sahipliği yaptığı bu uygarlıklarda tarımsal faaliyetler bölgenin ekolojik koşullarına da bağlı olarak farklı bölgelerde yoğun olarak yapılmıştır (Yavuz ve Çağlayan, 2005:1). Osmanlı döneminden günümüze kadar ülkemizde tahıl üretimi ilk sırada yer almış ve Türkiye ekonomisinin temelini oluşturmuştur (Miran, 2005:9). Tahıllar arasında buğday üretimi insan beslenmesi bakımından önemli olmasından (ekmeğin ham maddesi gibi)

ve devlet tarafından desteklemesinin yapılmasından dolayı üretimi en fazla yapılan serin iklim tahılıdır. Son dönemlerde yulaf bitkisinin besin içeriğinin anlaşılmasıyla yulaf tarımı da yaygınlaşmıştır.

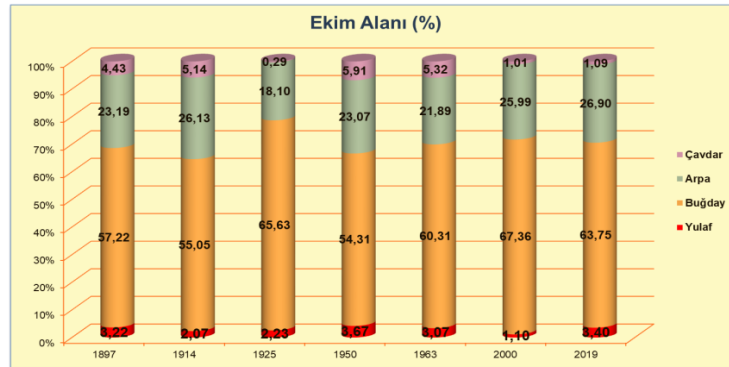
Yulaf geçmiş yıllarda hayvan beslenmesinde özellikle askeri yönden önemli bir yere sahip olan atların beslenmesinde, sığır ve koyun yetiştiriciliğinde kullanılmıştır. Günümüzde insan beslenmesinde ve endüstride kullanılması yaygınlaşmıştır (Buerstmayr ve ark. 2007:343). Serin ve yağışlı iklime sahip olan bölgelerde, verim bakımından yetersiz topraklara sahip alanlarda yetiştiriciliği yapılabilmektedir (Hoffmann, 1995:34). (Son yıllarda yulafın dansinde bulunan protein, yağ, vitamin ve mineral içeriği bakımından insan beslenmesi için değerinin anlaşılmasıyla birlikte yetiştiriciliğinde önemli bir artış olmuştur (Peterson ve ark., 2005:1249). Yulafın insan ve hayvan beslenmesi açısından önemine rağmen geldiğimiz noktada ekim ve üretim alanları halen beklenen düzeyde değildir. Bu çalışmada, 1900'lü yıllardan günümüze kadarki süreçte yulaf yetiştiriciliğinin nasıl bir seyir izlediği ele alınmıştır.

## 2. TÜRKİYE'DE SERİN İKLİM TAHİLLARİ EKİM ALANI VE ÜRETİMİ

### 2.1. Türkiye'de Serin İklim Tahılları Ekim Alanı

Serin iklim tahılları dünyada ve ülkemizde geçmiş yıllardan itibaren kültür bitkileri içerisinde en fazla ekim alanına sahip olan bitkilerdir.

Grafik 1. 1897-2019 Yılları Arasında Serin İklim Tahılları Ekim Alanı.



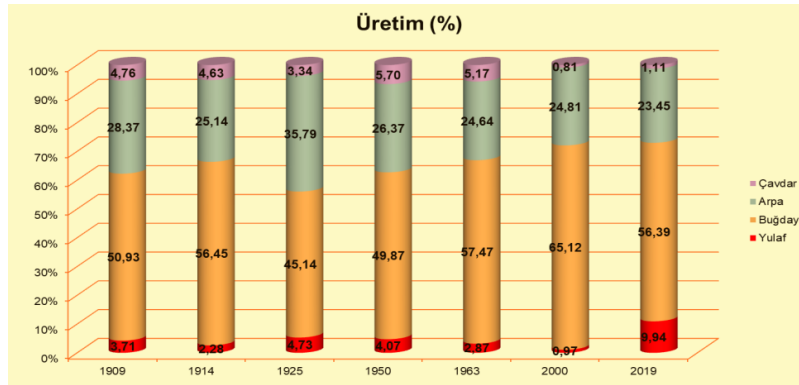
Grafik1'de görüldüğü gibi ülkemizde 1897-1963 yılları arasında serin iklim tahılları içerisinde ekim alanı bakımından ilk sırada buğday (%60.31), ikinci sırada arpa (%21.89), üçüncü sırada çavdar (%5.32), dördüncü sırada ise yulaf (%3.07) yer

alırken son dönemlerde ise birinci sırada %63.75 ile buğday, ikinci sırada % 26.90 ile arpa, üçüncü sırada %3.40 ile yulaf ve dördüncü sırayı ise %1.09 ile çavdar bitkisi olmuştur( TÜİK,2001; TÜİK, 2020). Yulafın son dönemlerde ekim alanı bakımından çavdardan önde olmasının temel sebeplerinden biri Türkiye’de 1963 tohumculuk yasasından sonra yulafta tescil edilen çeşitlerin artmasından kaynaklanmaktadır.

## 2.2. Türkiye’de Serin İklim Tahılları Üretimi

Serin iklim tahılları üretim bakımından Grafik 2’de görüldüğü gibi 1900’lü yılların başlarında birinci sırada %50.93 ile buğday, ikinci sırada %28.37 ile arpa, üçüncü sırada %4.76 ile çavdar, dördüncü sırada ise %3.71 ile yulaf yer almıştır. Son yıllarda ise yine ilk sırayı %56.39 ile buğday, bunu %23.45 ile arpa izlerken üçüncü sırayı %9.94 ile yulaf, dördüncü sırayı ise %1.11 ile çavdar bitkisi yer almıştır. Grafik 2’de de görüldüğü gibi yulaf üretiminin artması ekim alanının artmasına bağlı olmuştur (TÜİK, 2001; TÜİK, 2020). Bu da 1963 Türkiye Tohumculuk yasasından sonra tescil edilen çeşitlerin artmasından kaynaklanmaktadır.

Grafik 2. 1909-2019 Yılları Arasında Serin İklim Tahılları Üretimi



## 3. TÜRKİYE’DE 1900-2020 YILLARINDA YULAF TARIMI VE TES-CİL EDİLEN YULAF ÇEŞİTLERİ

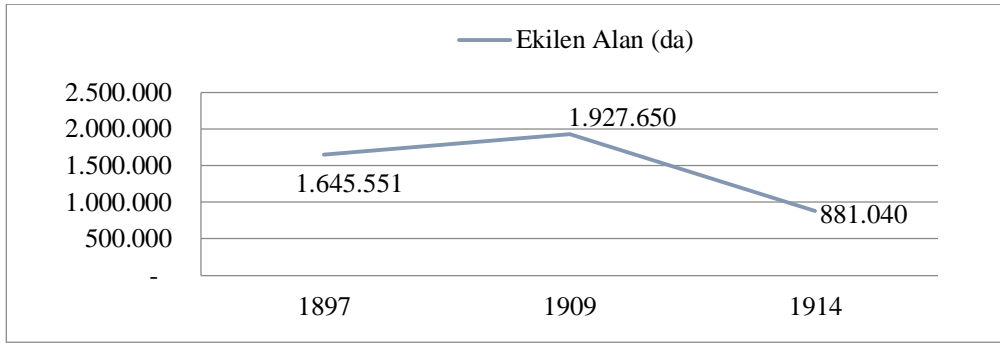
### 3.1. 1900’lü Yıllarda Yulaf Tarımı

1900’lü yılların başlarında yulaf ekim alanı 1.927.650 da iken 1914 yıllarında 881.040 da (Grafik 3), üretim 239.493 ton iken 1925 yılında 165.336 ton (Grafik 4), verim ise 90 kg da<sup>-1</sup> dan 184 kg da<sup>-1</sup> olarak yükselmiştir (Grafik 5) ( Yaşar, 2010).

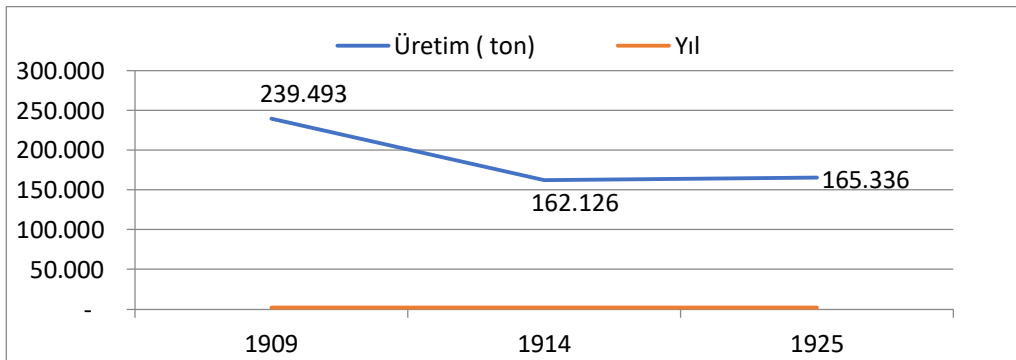
1900'lü yılların başlarında tahıllar içerisinde yulafın ekim alanı %3.76, üretimi ise %3.71 düzeyindedir (Yaşar, 2010).

Osmanlı Devleti döneminde tarımsal faaliyetler oldukça önemli bir yere sahipti. Bu dönemde uygulanan tarım politikası, askeri sisteme katkı sağlamak için, vergilerin alınmasında ve şehirlerin gıda ihtiyaçlarının karşılanması ve devletin gelirleri için önemli katkı sağlamıştır (Yavuz ve Çağlayan, 2005:1). Osmanlı Dönemi'nin 1520-1530 yılları arasında Tahrir Defterine bakıldığında halkın % 80 ile %90'ının tarımla uğraştığı ve bu dönemde tarımsal faaliyetlerin fazla olduğunu bilgilendirmektedir (Öz, 2000:66). Fakat 1900'lü yıllara bakıldığında bu dönemlerin savaş yılları olmasından dolayı tarımsal faaliyetler azalmış ve doğal olarak yulaf tarımı da savaştan etkilenerek 1900-1925 yıllarında yulafın ekim alanı ve üretiminde düşüş meydana geldiği gözlemlenmektedir.

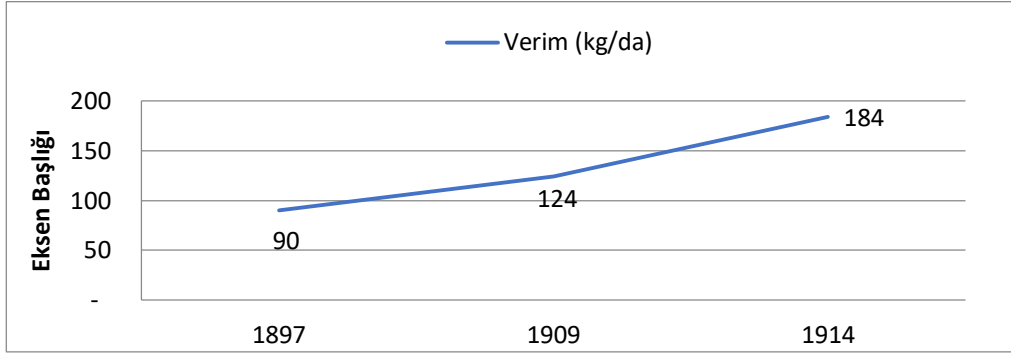
Grafik 3. 1900'lü Yıllarda Yulafın Ekim Alanı



Grafik 4. 1900'lü Yıllarda Yulaf Üretimi



Grafik 5. 1900’lü Yıllarda Yulaf Verimi

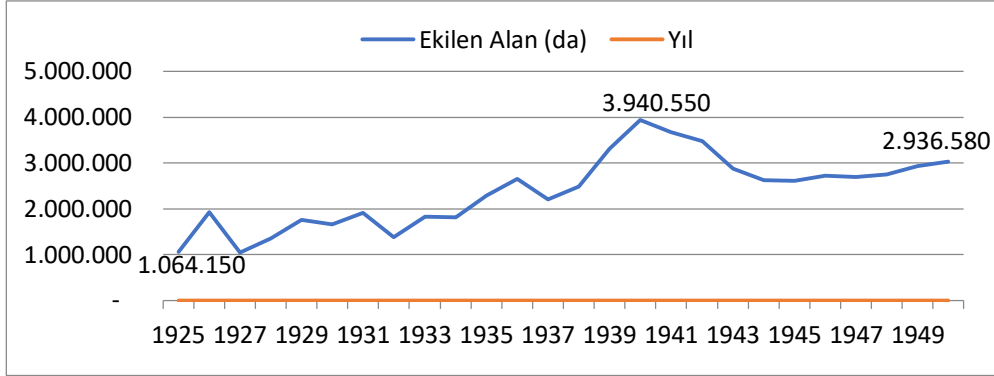


### 3.2. 1925-1949’li Yıllarda Yulaf Tarımı

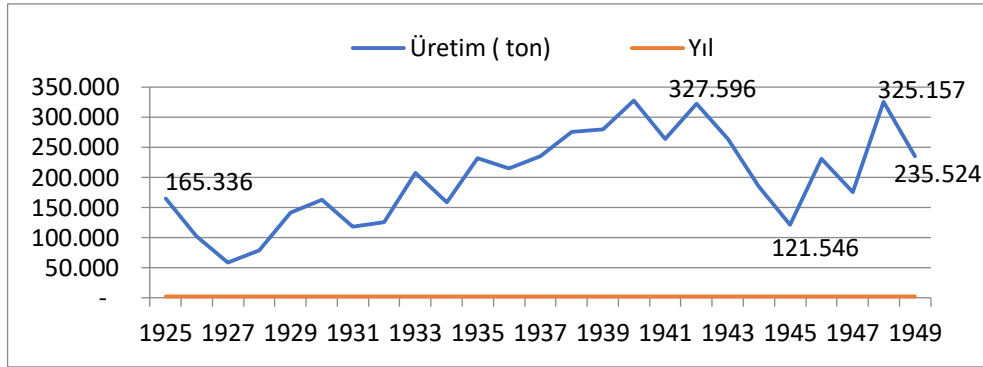
1925-1949 yıllarında yulaf ekim alanı 1.064.150 da alandan 2.936.580 da alana (Grafik 6), üretim 165.336 tondan 235.524 tona ( Grafik 7) ulaşmışken, verim ise  $155 \text{ kg da}^{-1}$  dan  $80 \text{ kg da}^{-1}$  a (Grafik 8.) düşmüştür. 1950’li yıllara kadar tarımda sulama imkanlarının az olması, ot mücadelesinin yapılmaması, gübrelemenin bilinçsizce yapılması yulaf tarımında üretimi istenilen düzeye getirmemiştir. 1925 yılında tahıllar içerisinde yulafın ekim alanı %2.23, üretimi ise %4.73 düzeyine, 1950’li yıllarda ise ekim alanı %3.67 üretimi ise %4.07 düzeyine ulaşmıştır( TÜİK, 2001a).

Türkiye Cumhuriyeti’nin kurulduğu dönemde halkın % 85’i tarım ile ilgilenmiştir (Koçtürk, 2008:45). Yavuz (2005:43), bir çalışmada Cumhuriyet Dönemi’nde ilk kez tarımla ilgili politikaların uygulandığını (1925 yılındaki Aşar vergisinin kaldırılması, 1926 yılındaki Medeni Kanunun kabulü) ve uygulamaların tarımla uğraşanlara önemli katkılar sağladığını bildirmiştir. Ancak Medeni Kanunun tarım arazilerinin miras ile küçülmesine sebep olmasından dolayı küçük işletmelerin oluşmasına sebep olduğu kaydedilmiştir. Ayrıca bu dönemde halka düşük fiyatta buğday ve ekmek temin edilmesi buğday üretimini arttırırken diğer bitkilerin üretiminin azalmasına neden olmuştur. Bundan yulaf bitkisi de etkilenmiştir. Cumhuriyet Dönemi’nin ilk yıllarında yulaf istenilen düzeyde ekim alanına sahip olmamış böylece üretimi azalmıştır.

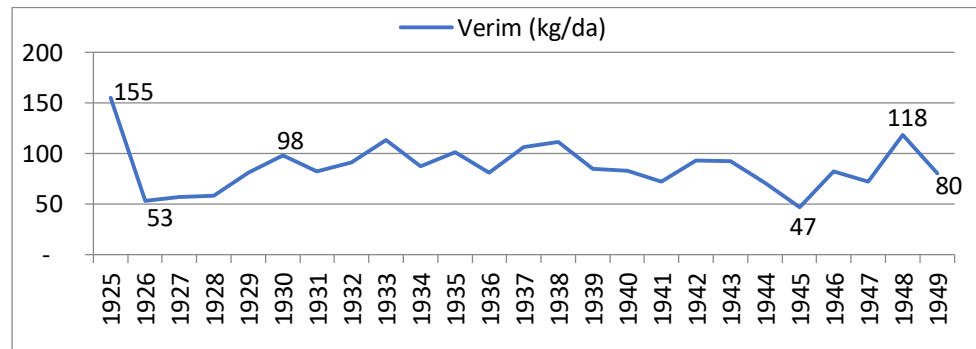
Grafik 6. 1925-1949 Yıllarında Yulaf Ekim Alanı.



Grafik 7. 1925-1950'li Yıllarda Yulaf Üretimi



Grafik 8. 1925-1950'li Yıllarda Yulaf Verim

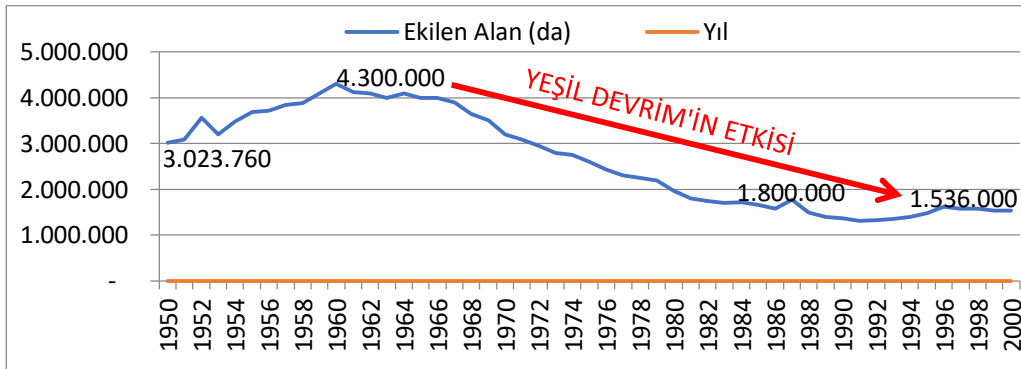


### 3.3. 1950-2000'li Yıllarda Yulaf Tarımı

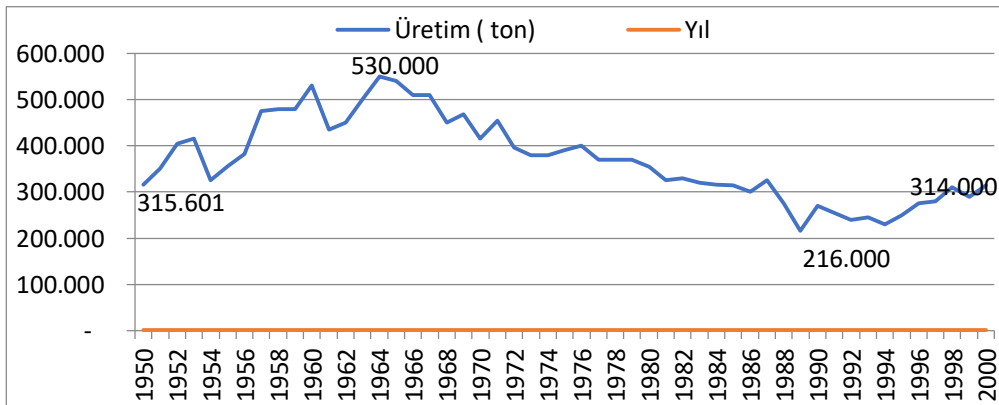
Yulaf 1950'li yıllarda 3.023.760 da alanda, 315.601 ton üretime sahip iken 2000'li yıllara doğru 1.536.000 da alanda 314.000 ton üretim elde edildiği gözlemlenmiştir (Grafik 9 ve 10). Grafik 11'de görüldüğü gibi 1950'li yıllarda verim 104 kg da<sup>-1</sup> iken 2000'li yıllarda verim artarak 204 kg da<sup>-1</sup> olmuştur ( TÜİK,2001b).

1950'li yıllarda yulaf tarımında ekim alanının ve üretimin arttığı görülmüştür. 1960'lardan sonra ise ekim alanında ve üretimde azalma meydana geldiği tespit edilmiştir (Grafik 9 ve Grafik 10). Daha fazla ürün elde etmek amaçlı makineleşmenin, kimyasal gübre, herbisit, insektisit kullanımının artması ve sulama teknolojisinin gelişmesi anlamına gelen yeşil devrimin bu dönemlerde etkisinin gösterildiği anlaşılmaktadır.

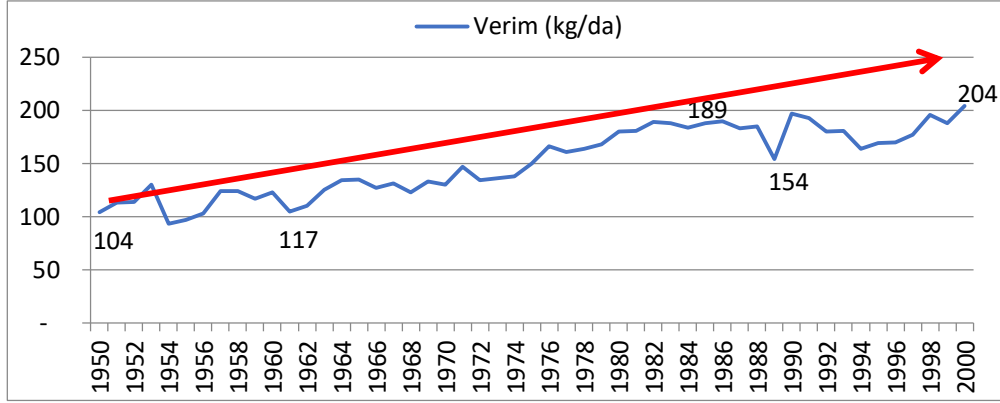
Grafik 9. 1950-2000'li Yıllarda Yulaf Ekim Alanı



Grafik 10. 1950-2000'li Yıllarda Yulaf Üretimi



Grafik 11. 1950-2000'li Yıllarda Yulaf Verimi



Yeşil devrimden kaynaklı buğday tarımının artmasından, tarım makinalarına dönüldüğünden, at besiciliğinin azalmasından yulaf tarımında azalma meydana gelmiştir. Fakat Grafik 11'de de görüldüğü gibi 1963 tohumculuk yasasından dolayı tohum ıslahının artmasıyla verimde artış meydana gelmiştir. Tahıllar içerisinde 2000'li yıllarda yulaf bitkisi ekim alanı bakımından %1.10, üretim bakımından ise %0.97 olmuştur.

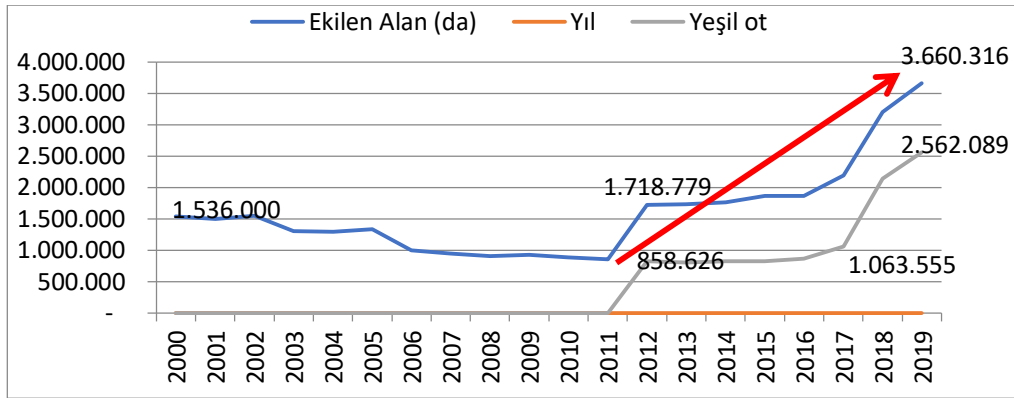
Atış (2005:161), kimyasal gübre ve kimyasal ilaç kullanımı, sulama ve mekanizasyon uygulaması gibi tarımda verimi arttıracak tüm olanakların kullanılması tarımda önemli artışlara sebep olgunu fakat bu artışların yüksek verim için tüm girdilerden faydalanılması çevre kirliliğine sebebiyet verdiğini bildirmiştir. Ayrıca 1970'li yılların sonunda gübrelere, 1980'li yılların sonunda tarımsal ilaçlarda yapılan yardımların çevre kirliliğine sebebiyet vermesi ve doğal olarak ekosistemi bozduğunu bildirmiştir. Bu dönemlerde uygulanan sistemlerin yoğun olarak yetiştirilen kültür bitkilerine daha çok ağırlık verilmesine ve diğer bitkilerin yulaf gibi ekim alanının azalmasına sebebiyet vermiştir.

### 3.4. 2000-2020'li Yıllarda Yulaf Tarımı

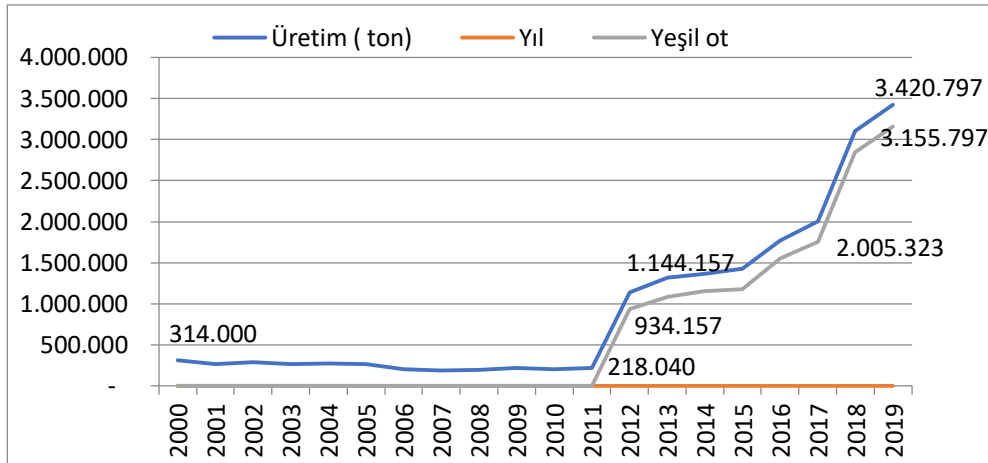
Günümüzde yulafın hayvan beslenmesinin yanı sıra insan beslenmesi açısından da öneminin artmasıyla Grafik 12,13 ve 14'de görüldüğü gibi ekim alanı, üretim ve veriminde artış meydana gelmiştir. Besin içeriğinin anlaşılmasıyla tekrardan gündeme gelmiştir.

Grafik 12’de de görüldüğü gibi 2019 yılında yulaf ekim alanının 3.660.316 da olduğu gözlemlenmiştir. Son verilere göre üretim Grafik 13’de belirtildiği gibi 3.420.797 ton, verim ise Grafik 14’de görüldüğü gibi 1.475 kg da<sup>-1</sup> olduğu kaydedilmiştir ( TÜİK, 2020).

Grafik 12. 2000-2020’li Yıllarda Yulaf Ekim Alanı



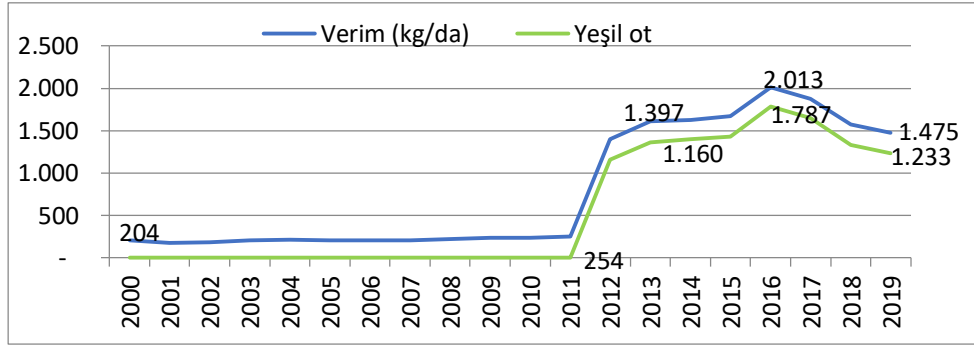
Grafik 13. 2000-2020’li Yıllarda Yulaf Üretimi



Yulaf 2019 istatistiki verilerine göre tahıllar içerisinde ekim alanı bakımından %3.40, üretim bakımından ise %9.94 düzeyine gelmiştir (TÜİK, 2020).

Türkiye tarım sektöründe 2000 yılına kadar uygulanmakta olan yardımlar, çiftçilere tam olarak yansımamış ve kamu kaynaklarına zarar olmuştur (Ören ve Binici, 2004:53). Bu da yulaf gibi bitkilerin yetiştiriciliğinin azalmasına sebebiyet vermiştir. Tarımsal desteklemeler ülkemizde 2000 yılında uygulamaya konularak gelecek yıllarda destekleme politikası konularında önemli çalışmaların yapılmasını sağlamıştır (Abay ve ark. 2005). Yulaf bitkisinin hayvan beslenmesi açısından öneminin anlaşılması, danesindeki besin içeriğinin bilinmesiyle insan beslenmesindeki öneminin anlaşılması ve 2000'li yılların başlarında uygulanan desteklemeler (Hayvancılık desteği, mazot desteği, prim desteği) yulafın ekim alanını arttırmış buna bağlı olarak üretim ve verimde artış meydana gelmiştir.

Grafik 14. 2000-2020'li Yıllarda Yulaf Verimi



### 3.5. Türkiye'de Tescil Edilen Yulaf Çeşitleri

Tohumculuk Kanunu'ndan (5553 sayılı) sonra ve 2006 yılında Türkiye Tohumcular Birliği'nin kurulmasıyla özel tohum firmaları yulaf çeşidi geliştirmeye başlamışlardır ve tohumluk tedarikindeki hızlara bağlı olarak tescilli yulaf çeşitlerinde artış olmuştur. Özellikle Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü devlet kuruluşu olarak çok verimli çeşitler geliştirilmiştir.

Tablo 1. Son 20 Yılda Türkiye’de Tescil Edilen Yulaf Çeşitleri\*

No	Çeşit Adı	Başvuru Sahibi	Tescil Tarihi
1	Faikbey	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Araş. Ens. Müd.	01.04.2004
2	Seydişehir	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Araş. Ens. Müd.	01.04.2004
3	Sebat	Trakya Tarım ve Vet. Tic. Ltd. Şti.	08.04.2011
4	Yeniçeri	Trakya Tarım ve Vet. Tic. Ltd. Şti.	12.04.2013
5	Kırklar	Trakya Tarımsal Araştırma Ens. Müd.	11.04.2014
6	Kahraman	Trakya Tarımsal Araştırma Ens. Müd.	11.04.2014
7	Sarı	Ege Tarımsal Araş. Ens. Müd.	11.04.2014
8	Fetih	Ege Tarımsal Araş. Ens. Müd.	11.04.2014
9	Haskara	Ege Tarımsal Araş. Ens. Müd.	26.03.2015
10	Albatros	Ata Tohumculuk İşl. San. Ve Tic. A.Ş.	26.03.2015
11	BC Marta	BC İnitüt Tar. Ür. Oto. San ve Tic. Ltd. Şti.	13.04.2017
12	Arslanbey	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv., Ziraat F.	13.04.2017
13	Diriliş	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Araş. Ens. Müd.	13.04.2017
14	Kehlibar	Som Un San. Ve Tic. Ltd. Şti.	13.04.2018
15	Küçükyayla	Trakya Tarımsal Araştırma Ens. Müd.	13.04.2018
16	Kupa	BC Enstitüsü Tar. Ür. Oto San. Ve Tic. Ltd. Şti.	09.04.2019
17	Kayı	Ege Tarımsal Araştırma Ens. Müd.	09.04.2019
18	Alhama	Semillas Fito Tarım San. Tic. A.Ş.	05.05.2020
19	Somun Yıldızı	Som Un San. veTic Ltd. Şti.	05.05.2020
20	Manas	Ege Tarımsal Araştırma Ens. Müd.	05.05.2020
21	Kazan	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Araş. Ens. Müd.	05.05.2020
22	Katmerli	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Araş. Ens. Müd.	05.05.2020
23	Halkalı	Trakya Tarımsal Araştırma Ens. Müd.	05.05.2020
24	Otağ	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Araş. Ens. Müd.	06.05.2020

*\*Kaynak: T.C Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü.*

Ülkemizde yulafın ıslah çalışmaları çok eski yıllara dayanmaktadır. İlk olarak tescil edilen yulaf Eskişehir tohum Islah İstasyonu tarafından Apak ve Bozkır yulaf çeşitleri olmuştur. 1930'lu yıllarda Orta Anadolu Bölgesi için yulaf çeşitleri geliştirmeye başlanılmış fakat istenilen sonuçlar alınamamıştır (Topal ve ark., 2015:1). 1986 yılında melezleme ıslah metoduyla Checota yulaf çeşidi tescil edilmiştir. Yulafın 1963 Tohumculuk Yasası'ndan sonra bugüne kadar 24 adet ulusal çeşidi vardır. Son dönemde tescil edilen yulaf çeşitleri Tablo 1'de verilmiştir.

#### 4. SONUÇ

Sonuç olarak; son yıllarda yulafın samanındaki yem değerlerinin ve danesindeki besin içeriğinin yüksek olmasından dolayı artış göstermesine rağmen, ülkemizde ekim alanı ve üretimi istenilen düzeyde değildir. Yulaf tarımının yaygınlaştırılması için yetiştirme tekniği konularına ağırlık verilmesi ve kuru ve sulu alanlar için yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesi yönünde ıslah çalışmalarına yoğunluk verilmesi gerekmektedir. Ayrıca, devlet desteklerinin bu noktada önemli rol oynayacağı da unutulmamalıdır.

#### KAYNAKÇA

- Abay, C., Olhan, E., Uysal, Y., Yavuz, F., Türkecul, B. (2005). Türkiye'de Tarım Politikaları'nda Değişim, TMMOB Türkiye Ziraat Mühendisleri Odası, VI. Teknik Kongre, Ankara.
- Atış, E. (2005). Türkiye'de Tarım Kitabı, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Erzurum.
- Buerstmayr, H., Krenn, N., Stephan, U., Grausgruber, H., Zechner, E. (2007). Agromonic Performance and Quality of Oat (*Avena sativa L.*) Genotypes of Worldwide Origin Produced under Central European Growing Conditions, Field Crops Research 101(3): 343-351.
- Hoffmann, L. A. (1995). World Production and Use of Oats. Welch, R.W. (Ed.), The Oat Crop-Production and Utilization, Chapman and Hall, London, 34-61.
- Koçtürk, O.M. (2008). Cumhuriyet Döneminde Hükümetlerin ve Siyasi Partilerin Tarım ve Çiftçi Örgütlenmesine Yaklaşımları, Tarım Ekonomisi Dergisi, 15(2) : 45-54.

- Miran, B. (2005). Türkiye’de Tarım, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Erzurum.
- Ören, M.N., Binici, T. (2004). Doğrudan Gelir Desteği Uygulamasının GAP Alanı Tarımsal Yapı ve Gelirlerine etkileri, Türkiye VI. Tarım Ekonomisi Kongresi, 16-18 Eylül.53-60.ss.
- Öz, M. (2000). Osmanlıda Klasik Dönemde Tarım, Yeni Türkiye Yayınları, Cilt:3, Ankara.
- Peterson, D. M. Wesenberg, D. M. Burrup, D. E. Erickson, C. A. (2005). Relationships Among Agronomic Traits and Grain Composition in Oat Genotypes Grown in Different Environments, Crop Science, 45 (4): 1249.
- Topal, A., Sade, B., Soylu, S., Akar, T., Mut, Z., Ayrancı, R., Sayım, İ., Özkan, İ., Yılmazkart, M. (2015). Ulusal Hububat Konseyi, Arpa-Çavdar-Yulaf-Triticale Raporu, sf.1-98.
- TÜİK (2001a). Türkiye İstatistik Kurumu, Tarımsal Göstergeler, Tarım İstatistik Özeti (1925-1949). Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası, Ankara, <https://kutuphane.tuik.gov.tr>
- TÜİK (2001b). Türkiye İstatistik Kurumu, Tarımsal Göstergeler, Tarım İstatistik Özeti (1950-2000). Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası, Ankara, <https://kutuphane.tuik.gov.tr>.
- TÜİK (2020). Türkiye İstatistik Kurumu, <https://kutuphane.tuik.gov.tr>.
- Yaşar, O. (2010). 1909, 1913 ve 1914 Tarım İstatistiklerine Göre Kale-i Sultaniye Sancağı'nda Tarım, Çanakkale Araştırmaları Türk Yıllığı, 95’inci Yıl Özel Sayısı s.195-232.
- Yavuz, F. (2005). Türkiye’de Tarım Kitabı, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Erzurum.
- Yavuz, F., Çağlayan, T. (2005). Türkiye’de Tarım Kitabı, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Erzurum.

# NİKEL NANOPARTİKÜL SENTEZİNE PUNİCA GRANATUM EKSTRAKT MİKTARI ETKİSİ

**Araş. Gör. Dr. Gamze TOPAL CANBAZ**  
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

**ÖZET:** Yapılan çalışmada bitki kaynaklı yeşil sentez yöntemi ile nikel nanopartikül (Ni NPs) sentezi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla indirgeyici ajan olarak kurutulmuş *Punica Granatum* (nar) kabuklarından elde edilen ekstrakt ile  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  çözeltisi kullanılmıştır. *Punica Granatum* kabuğu ekstrakte edilerek elde edilen çözeltinin toplam fenolik madde miktarı Folin –Ciocalteu yöntemi ile belirlenmiştir. Nikel çözelti derişimi sabit tutularak farklı miktarlarda *Punica Granatum* ekstraktı kullanılarak Ni NPs sentezlenmiş ve her biri Uv-Vis spektroskopide analiz edilerek optimum indirgeyici ekstrakt miktarı belirlenmiştir. Sentezlenen Ni NPs ler ayrıca SEM ile analiz edilerek partikül şekilleri incelenmiştir. Yeşil sentez yöntemi ile *Punica Granatum* ekstraktı ile düşük maliyetli ve toksik olmayan Ni NPs üretilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Nikel nanopartikül, yeşil sentez, punica granatum

## **Effect of Punica Granatum Extract Amount on Nickel Nanoparticle Synthesis**

**ABSTRACT:** In the study, nickel nanoparticle (Ni NPs) synthesis was carried out with the plant-derived green synthesis method. For this purpose,  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  solution and extract obtained from dried *Punica Granatum* (pomegranate) peels were used as reducing agents. The total phenolic content of the solution obtained by extracting *Punica Granatum* peels was determined by Folin-Ciocalteu method. By keeping the nickel solution concentration constant, Ni NPs were synthesized using different amounts of *Punica Granatum* extract and each of them was analyzed by Uv-Vis spectroscopy and the optimum amount of reducing extract was determined. Synthesized Ni NPs were also analyzed by SEM and shape were investigated. Low cost and non-toxic Ni NPs were produced with *Punica Granatum* extract with green synthesis method.

**Keywords:** Nickel nanoparticles, green synthesis, punica granatum

## 1. GİRİŞ

Nanopartiküller, küçük boyutları ve geniş yüzey alanları sayesinde benzersiz fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahiptirler. İmalat, malzeme, tıp, çevre, enerji ve elektronik alanlarında çok çeşitli uygulama alanları vardır. Metal nanopartiküller sentezlemek için geliştirilen çok sayıda fiziksel ve kimyasal yöntemlerin yanı sıra, temiz, çevre dostu sentez açısından “Yeşil sentez” tercih edilen yoldur. Bitki fitokimyasalları, metal nanopartikül hazırlamada için kullanılabilir antioksidan veya indirgeyici özelliklere sahiptir. Yeşil sentez bu nedenle uygulanabilir bir yöntemdir (Makarov vd., 2014:20, Kale vd.,2018:7).

Ni NPs'lerin sentezi, son yıllarda oldukça önem kazanmıştır. Bunun nedeni, organik bileşiklerin sentezi için iyi verimlilik ve yeniden kullanılabilirlik ile iyi katalizör oldukları tespit edilmiştir (Mirkin vd., 1996). Bu çalışmada, nikel nanopartikülleri, *Punica Granatum* bitkisinin kabukları kullanılarak basit ve uygun maliyetli bir biyolojik yolla hazırlanmıştır. Sentezlenen nanopartiküller Uv- Vis spektroskopisi ve SEM analizi kullanılarak karakterize edilmiştir.

## 2. MATERYAL ve METOD

### 2.1. PG ekstrat hazırlanması

PG kabukları toplanıp küçük parçalara ayrılıp, toz ve kirliliklerin giderimi için saf su ile yıkanıp nemi tamamen uzaklaşana kadar kurutulmuşlardır.

5 gr kurutulmuş PG kabuğu 100 mL kaynamış su içerisinde 30 dakika ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstrakt Whatman No.1 filtre kağıdı ile süzülerek kabuklardan ayrılmış ve Ni NPs sentezinde kullanılmak üzere 4°C’ de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

### 2.2. Folin –Ciocalteu Yöntemi

PG kabuğundan elde edilen ekstraktın toplam fenolik madde içeriği Folin – Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir.

Yöntem, fenolik bileşiklerin bazik ortamda Folin–Ciocalteu ayırıcını indirgeyerek oksitlenmiş forma dönüştüğü bir redoks tepkimesine dayanmaktadır. Folin–Ciocalteu ayırıcı burada oksitleyici bileşik olarak rol almaktadır. Tepkime sonucu indirgenmiş ayırıcın oluşturduğu mavi rengin fotometrik olarak ölçülmesiyle, analizi yapılan örnekteki fenolik bileşiklerin toplam miktarları hesaplanmaktadır (Cemeroğlu 2010). Bu yöntemde mavi renkli kompleks oluşumu 765 nm’de spektrofotometrik olarak ölçülmüş ve sonuçlar gallik asit eşdeğeri olarak (mg/L) ifade edilmiştir.

### 2.3. Ni NPs Sentezi

PG ekstraktı, 0.1 M  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  çözeltisi içerisine 1 mL/dk hızında damlatılarak eklenmiş ve manyetik karıştırıcıda 2 saat karıştırılmıştır. Ekstrakt miktarı eksisini belirlemek amacı ile PG ekstrakt:  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  çözelti oranları (E/Ni) sırası ile 1:1, 1:2, 2:1 oranlarında karıştırılarak optimum birleşme oranı belirlenmiştir. 2 saat karıştırma sonunda elde edilen Ni NPs'ler 10000 rpm de 15 dakika santrifüj (Hitachi, CR22N ) edilerek ayrılmıştır. Sentezlenen Ni NPs' ler 50 °C' de etüvde kurutulmuşlardır.

### 2.4. Ni NPs Karakterizasyonu

Ni NPs sentezini tanımlamak amacı ile Uv-Vis spektroskopide (UV-2600, Shimadzu) 200-700 nm aralığında absorbans taraması yapılmıştır. Sentezlenen Ni NPs morfolojik yapısını belirlemek için ise SEM (Tescan MIRA3, XMU) analizi yapılmıştır.

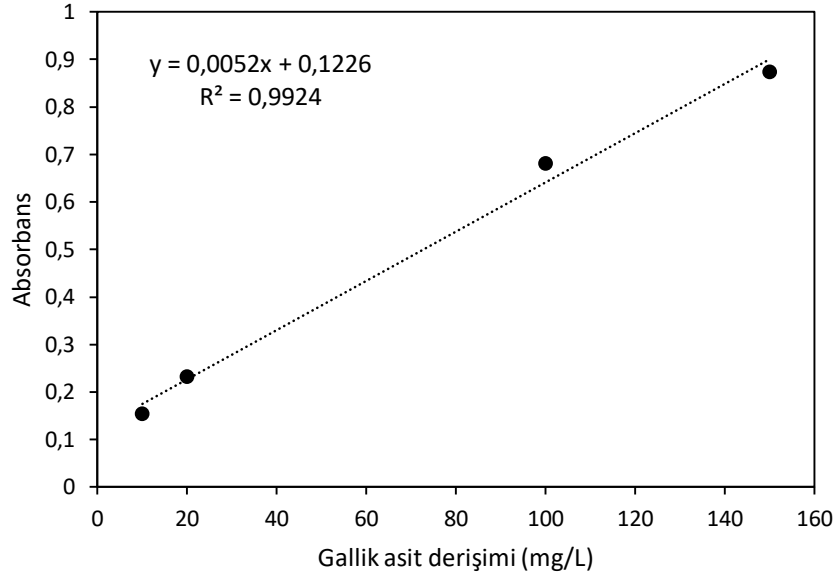
## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 3.1. Folin –Ciocalteu Yöntemi ile Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini

Ekstrakt içerisinde bulunan fenolik bileşen miktarı 720 nm' de okunan absorbans değerinin gallik asit cinsinden eşdeğeri olan fenolik bileşik miktarı standart eğri yardımıyla belirlenmiştir. Şekil 2' de verilen gallik asit standart eğrisi yardımı ile PG ekstraktı içerisindeki toplam fenolik bileşen miktarı 68.27 mg/L olarak belirlenmiştir.



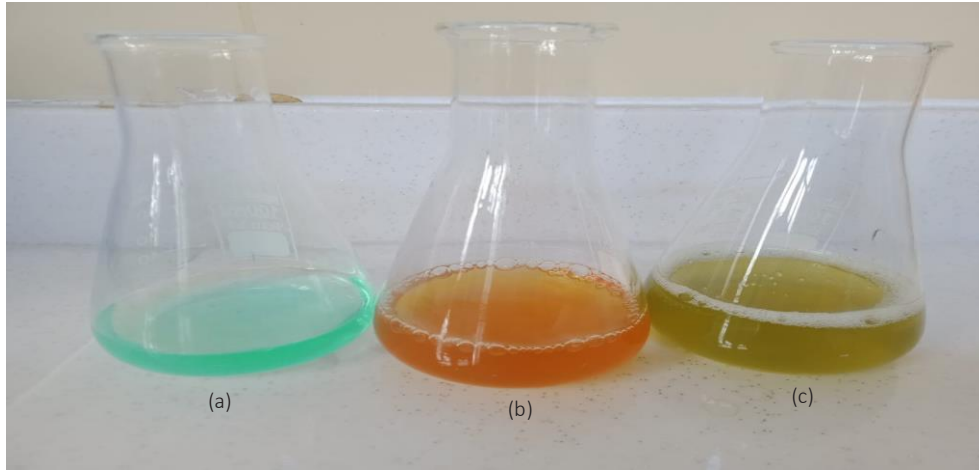
Şekil 1. PG ekstraktı (a), Folin-Ciocalteu ayracı eklenmiş PG ekstrakt karışımı (b)



Şekil 2. Gallik asit standart eğrisi

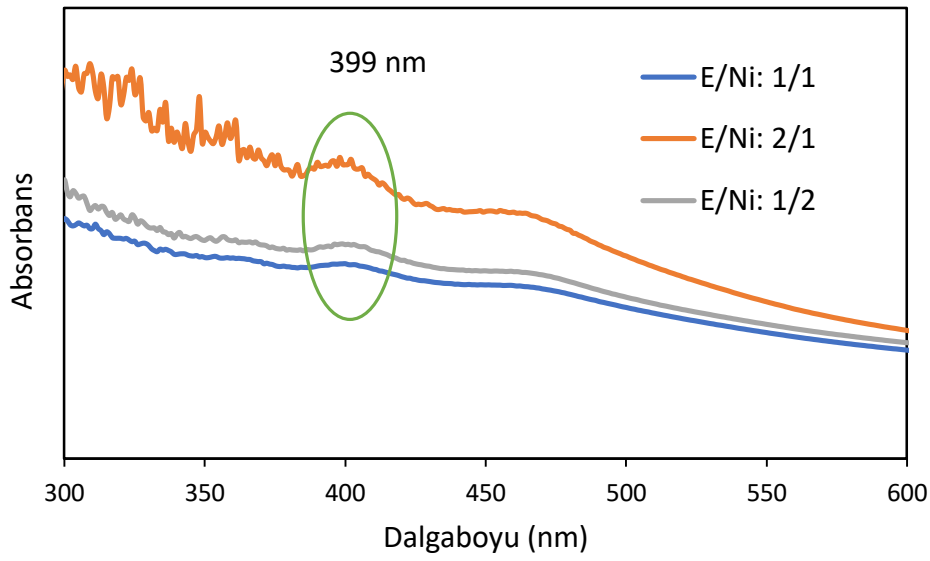
### 3.2. Ni NPs Sentezi

PG ekstraktı ile Ni NPs sentezinde Ni NPs'lerin sentezlendiği ilk olarak çözeltinin renk değiştirmesi ile doğrulanmıştır. Şekil 3' te  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  çözeltisi üzerine PG ekstraktı eklendikten sonra oluşan renk değişimi verilmiştir. Oluşan renk değişimi Ni NPs sentezlendiğini göstermektedir (Din vd., 2020:50).

Şekil 3. (a)  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  çözeltisi, (b) PG ekstraktı, (c) Ni NPs

### 3.3. UV-Vis spektrofotometre Analizi

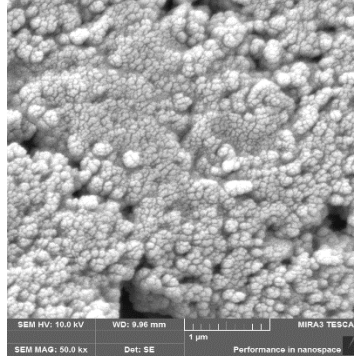
Şekil 4 Farklı PC ekstrakt miktarlarında sentezlenen Ni NPs' lerin UV-vis spektroskopisi Absorbans- Dalgaboyu eğrilerini göstermektedir. 399 nm' de gözlenen pik sentezlenen Ni NPs' ye aittir (Pandian vd, 2015:23). En şiddetli pik E/Ni: 2/1 olduğunda elde edilmiştir. Ekstrakt içindeki bileşenler metallerin indirgenmesini sağlayıp nanopartikül oluşumunu sağlamaktadır. İndirgeyici bileşen miktarının artması pik şiddetinde artışa neden olmaktadır.



Şekil 4. Farklı PC ekstrakt miktarlarında sentezlenen Ni NPs' lerin UV-vis spektroskopisi Absorbans- Dalgaboyu eğrileri

### 3.4. SEM Sonuçları

Şekil 5' te PG ekstraktı ile sentezlenen Ni NPs'lerin SEM görüntüsü verilmiştir. Elde edilen SEM görüntüsü malzemenin şekli ve boyutu hakkında bilgi vermektedir. 50 kx büyütme ile çekilen görüntüde nanopartiküllerin küresel şekilli olduğu ve aglomere oldukları görülmektedir.



Şekil 5. PG ekstraktı ile sentezlenen Ni NPs' lerin SEM görüntüsü

#### 4. SONUÇ

Yeşil sentez yöntemi ile Ni NPs sentezinde indirgeyici olarak PG ekstraktı kullanılmıştır.  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  çözeltisinin indirgenerek Ni NPs oluşturmasında PG ekstraktı içerisindeki fenolik bileşiklerin etkin olduğu düşünülmektedir. Ni NPs sentezinde optimum ekstrakt miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmada ise E/Ni: 2/1 olduğunda elde edilmiştir. Ekstrakt içindeki bileşenler metallerin indirgenmesini sağlayıp nanopartikül oluşumunu sağlamaktadır. İndirgeyici bileşen miktarının artması pik şiddetinde artışa neden olmaktadır.

#### KAYNAKLAR

- Cemeroğlu B. S. (2010). Gıda Analizleri. Bizim Grup Basımevi, 480s.
- Din, M. I., Tariq, M., Hussain, Z., & Khalid, R. (2020). Single step green synthesis of nickel and nickel oxide nanoparticles from *Hordeum vulgare* for photocatalytic degradation of methylene blue dye. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry*, 50(4), 292-297.
- Kale, R. D., Barwar, S., Kane, P., & Contractor, A. (2018). Betel Leaves Mediated Green Synthesis of Nickel Nanoparticles: Synthesis and Characterization. *International Journal of Engineering and*

- Makarov, V. V., Love, A. J., Sinitsyna, O. V., Makarova, S. S., Yaminsky, I. V., Taliansky, M. E., & Kalinina, N. O. (2014). "Green" nanotechnologies: synthesis of metal nanoparticles using plants. *Acta Naturae (англоязычная версия)*, 6(1 (20)). *Advanced Technology*, 7(3), 89-92
- Mirkin, C. A., Letsinger, R. L., Mucic, R. C., & Storhoff, J. J. (1996). A DNA-based method for rationally assembling nanoparticles into macroscopic materials. *Nature*, 382(6592), 607-609.
- Pandian, C. J., Palanivel, R., & Dhananasekaran, S. (2015). Green synthesis of nickel nanoparticles using *Ocimum sanctum* and their application in dye and pollutant adsorption. *Chinese journal of Chemical engineering*, 23(8), 1307-1315.



# AB İNİTİO BAZ SETLERİ KULLANILARAK PHOSGENE'NİN OPTİMİZE EDİLMESİ

**Dr. Elif SOMUNCU**

Gaziosmanpaşa Üniversitesi

**Ph. D Student Ebru KARATAS**

Gaziosmanpaşa Üniversitesi

**Dr. Melek GÖKBULUT**

Gaziosmanpaşa Üniversitesi

**ÖZET:** Polikarbonat gözlük camı üretiminde kullanılan Phosgene geometrik optimize edilmesi, birçok fiziksel özelliklerinin incelenmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle optimizasyon metodunun seçimi, problemlerin kolayca çözülmesi için önemli bir yere sahiptir. Ayrıca, geometrik optimizasyon, birçok uygulamada malzeme üretimi ve tasarımı için önemli bir rol oynar. Moleküllerin optimize edilebilmesi için pek çok bilgisayar paket programı önerilmiştir. Bu programlardan biride Gaussian programıdır. Bu çalışmada, polikarbonat cam üretiminde kullanılan moleküllerden biri olan Phosgene için temel durum geometrileri, farklı temel setlerle Hartree-Fock yöntemi kullanılarak optimize edilmiştir. Phosgene molekülünün optimizasyon sonuçları teorik ve deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen optimize sonuçlarının literatür ve deneysel verilerle uyumlu olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Polikarbonat cam, Phosgene, Hartree-Fock yöntemi

## Optimization of Phosgene Using AB Initio Basis Set

**ABSTRACT:** The geometric optimization of the phosgene used in the production of polycarbonate lenses is allowed the examination of many physical properties. Also, geometric optimization is played a significant to manufacture and design materials in many practices. Many computer software packages have been proposed to optimize molecules. One of these programs is the Gaussian program. For this reason, choosing the optimization method has an important place in order to solve the problems easily. In this study, the ground state geometries for phosgene that is one of the molecules used in polycarbonate production were optimized using the Hartree-Fock method with differ-

ent base sets. The optimization results of phosgene are compared with theoretical and experimental data. It has been seen that the optimization results obtained are in good agreement with the literature and experimental data.

**Keywords:** Polycarbonate glass, Phosgene, Hartree-Fock method

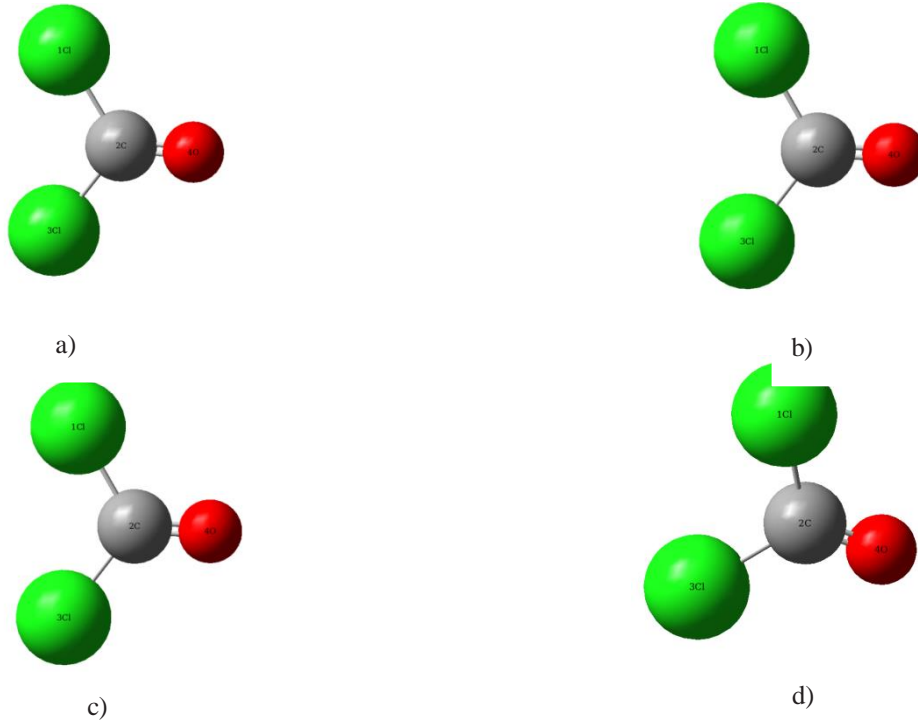
## 1. Introduction

Polycarbonate (PC) is a thermoplastic matter which offers producer chances for design smallness (Barletta et al., 2016). PCs are a rigid, amorphous, and clear thermoplastic polymer bonded together with carbonate groups and prefer a unique compound of property (Barletta et al., 2016; John et al., 2000; Kutz, 2002). PCs are requested usually in the plastic and cosmetic industry which is an extremely transparent plastic because it may transmit over 90% of light as well as glass, resistant to UV light (Steven, et al., 2019). Also, PCs are a great polymer that is used a variety of optical fields such as glasses, lenses, and laboratory safety goggles. Therefore, many theoretical methods such as ab initio methods for the evaluation of physical properties of phosgene have been proposed in the literature. The Hartree Fock (HF) method is one of the ab initio methods.

In this paper, the ground state geometries of phosgene have been optimized by using the HF method with 3-21+G, 6-31G, 6-31+(d) and 6-311+G basis sets. The optimization results of phosgene are compared with experimental data and results are in agreement with the experimental data.

## 2. Method

The ground state geometries of phosgene are optimized utilizing the HF method with 3-21+G, 6-31G, 6-31+(d), and 6-311+G basis set without that symmetry limitation in the molecules. Since our goal evaluates on the correct determination of ground-state geometries optimized, we have preferred the HF method implementing over 3-21+G, 6-31G, 6-31+(d), and 6-311+G basis sets. All calculations of results have been constructed utilizing the Gaussian 05 program package. The interatomic bond lengths and bond angle have been compared with experimental data.



**Figure 1.** Optimized geometries a) HF/3-21 b) HF/6-31 c) HF/6-31+G (d) HF/6-311+G

**Table 1.** Optimization values of model molecules phosgene for different ab initio methods and basis set

Parameter	HF/3-21	HF/6-31	HF/6-31+G	HF/6-311+G	Experiment (Tanaka, et al., 2003)
Bond length ( $\text{\AA}$ )					
C(2)-O(4)	1.1644	1.1751	1.1743	1.1709	1.1785
C(2)-Cl(1)	1.8303	1.7932	1.7909	1.7868	1.7424
Bond angle ( $^{\circ}$ )					
O(4)-C(2)-Cl(1)	124.9135	123.4842	123.5163	123.5944	124.09
Cl(1)-C(2)-Cl(3)	110.1729	113.0316	112.9673	112.8111	111.83

### 3. Numerical Results and Discussion

In this paper, we have investigated the optimization using the HF method with different basis sets and compare the calculation results with the literature. Here, optimization of the phosgene with the HF over 3-21G, 6-31G, 6-31+G, and 6-311+G basis set is offered. The optimization of the phosgene was calculated using Gaussian 0.5 packet program. In order to show that the results of the calculation are correct and sensitive, we have compared with experimental data. Table 1 is demonstrated obtained optimization results of phosgene. As can be seen in Table 1, the optimization results are values closer to the experimental data (Tanaka, et al., 2003). Thus our results show that the optimization of phosgene is accurate. The optimization geometries are given in Figures 1-2. The correctness of the obtained optimization results are in good agreement and can be proposed for the reaction to be composed of phosgene.

### Conclusion

As knowledge, polycarbonate, which consists of bisphenol A and phosgene, is an important polymer with optical practice such as glasses, lenses, and laboratory safety goggles. Therefore, the optimization of phosgene will be beneficial to determine the physical and chemical properties of these products manufactured polycarbonate matter.

### REFERENCES

- Barletta, M., Puopolo, M., Rubino, G., Tagliaferri, V., Vesco, S., *Progress in Organic Coatings*, 90 (2016) 178-186.
- John T. B. (2000). *Handbook of Polycarbonate Science and Techonology*. Marcel Dekker, New York.
- Kutz, M. (2002). *Handbook of Material Selection*. (John Wiley & Sons, USA).
- Steven, A. G., Edward, R. K., Lance J. L., Praveena K. G., *Optom Vis Sci*. 96 (2019) 513-522.
- Tanaka, N., Tamezane, T., Nishikiori, H., Fujii, T., *J. Mol. Struc. (Theochem)*, 631 (2003) 21-28.

# FOTOKROMİK LENS ÜRETİMİNDE KULLANILAN GÜMÜŞ KLORÜRÜN ISI KAPASİTESİNİN HESAPLANMASI

**Dr. Elif SOMUNCU**

Gaziosmanpaşa Üniversitesi

**Ph. D Student Ebru KARATAS**

Gaziosmanpaşa Üniversitesi

**Dr. Melek GÖKBULUT**

Gaziosmanpaşa Üniversitesi

**ÖZET:** Fotokromik lens, yeterince yüksek frekanslı ışığa ve ultraviyole (UV) radyasyona maruz kaldığında koyulaşan optik bir lensdir. Parlak güneş ışığında karanlık, fakat ışığın düşük olduğu ortamlarda ise berrak olan gözlük camlarında kullanılırlar. Fotokromik lenslerin üretilmesi için pek çok malzeme kullanılmıştır. Özellikle gümüş klorür, fotokromik lenslerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Renk değişimini gerçekleştiren gümüş klorür, fotokromatik camlarda görünürlük sağlamaktadır. Bilindiği gibi fotokromik lenslerin üretiminde kullanılan moleküllerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu özelliklerinin belirlenebilmesi için literatürde pek çok yöntem önerilmiştir. Bu yöntemlerden biride Debye yaklaşımıdır. Bu çalışmada fiziksel özelliklerden biri olan ısı kapasitesi Debye yaklaşımı kullanılarak farklı sıcaklık aralıklarında belirlenmiştir. Alınan hesaplama sonuçları literatür ile karşılaştırılmıştır ve sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Fotokromik lens, Debye yaklaşımı, ısı kapasitesi

## Calculation of the Heat Capacity of Silver Chloride which is used in the Manufacture of Photochromic Lenses

**ABSTRACT:** A photochromic lens is an optical lens that darkens when exposed to high-frequency light and ultraviolet (UV) radiation. They are used in glasses that are dark in bright sunlight but clear in low light conditions. Many materials have been used to produce photochromic lenses. Silver chloride, in particular, is widely used in the production of photochromic lenses. Silver chloride, chemical substance performing the color change, is provided visibility in photochromatic lenses. As it is known, it is very important to determine the

physical and chemical properties of the molecules used in the production of photochromic lenses. Many methods have been proposed in the literature to determine these properties. One of these methods is the Debye approach. In this study, heat capacity, one of the physical properties, was determined at different temperature ranges using the Debye approach. The calculation results obtained have compared with the literature and the results are in good agreement.

**Keywords:** Photochromic lens, Debye approximation, Heat capacity

## 1. Introduction

The photochromic lens is an optical lens which is darkened on the light of high frequency as most commonly ultraviolet (UV) radiation (Armistead, et al., 1964; Sakagami, et al., 1986). Photochromic lenses could be made of such as glass, polycarbonate (Santelices, et al., 1999). Photochromic lenses are mainly used in eyeglasses that are dark in shiny sunlight but clear in low light. Therefore, it is mostly preferred in the optical industry (Petcen, 1983; Kumar, 1999). To change the color of glasses, silver halide molecules are interred in within photochromatic lenses. In particular, silver chloride (AgCl) is mostly used in the manufacture of photochromic lenses (Hayens, et al., 1998). Therefore, it is most important to determine the thermodynamic properties of AgCl. Many studies have been proposed for evaluating the thermodynamic properties of molecules (Fritz, 1985; Panish, et al., 1958). One of these methods is the Debye functions. Debye functions are used especially in the determination of the heat capacity of molecules (Tarasov, 1945; Tarasov, et al., 1965; Kittel, 1976).

In this paper, the heat capacity of AgCl is calculated using n-dimensional Debye functions. The heat capacity of AgCl is calculated for different Debye temperature. It has been observed that the calculation results obtained are compatible with the literature.

## 2. Definition of Theory and Method of Calculation

Debye function is written following from:

$$D_n\left(\beta, \frac{\theta}{T}\right) = \int_0^{\frac{\theta}{T}} \frac{x^n}{(e^x - 1)^\beta} dx \quad (1)$$

where  $\theta$  is Debye temperature and  $T$  is temperature (Magamedov, 2002). The Guseinov and Mamedov are presented analytical formula for Eq. (1). Proposed analytical expression is defined as (Guseinov and Mamedov, 2007)

$$D_n\left(\beta, \frac{\theta}{T}\right) = \frac{n}{(\theta/T)^n} \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{j=0}^N (-1)^j F_j(-\beta) \frac{\gamma\left(n+1, (j+\beta)\frac{\theta}{T}\right)}{(j+\beta)^{n+1}} \quad (2)$$

The heat capacity at constant volume of solids is defined with Debye functions. Heat capacity can express as (Dogan and Mehmetoglu, 2016)

$$C_V = 3N_A k_B L_V\left(\frac{\theta}{T}\right) \quad (3)$$

Here,  $L_V(\theta/T)$  is written following as:

$$L_V\left(\frac{\theta}{T}\right) = (n+1)D_n\left(1, \frac{\theta}{T}\right) - \frac{n(\theta/T)}{e^{\frac{\theta}{T}} - 1} \quad (4)$$

By subsisting Eq.(2) into Eq. (4), heat capacity is expressed as:

$$C_V = 3N_A k_B (n+1) \frac{n}{(\theta/T)^n} \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{j=0}^N (-1)^j F_j(-\beta) \frac{\gamma\left(n+1, (j+\beta)\frac{\theta}{T}\right)}{(j+\beta)^{n+1}} - \frac{n(\theta/T)}{e^{\frac{\theta}{T}} - 1} \quad (5)$$

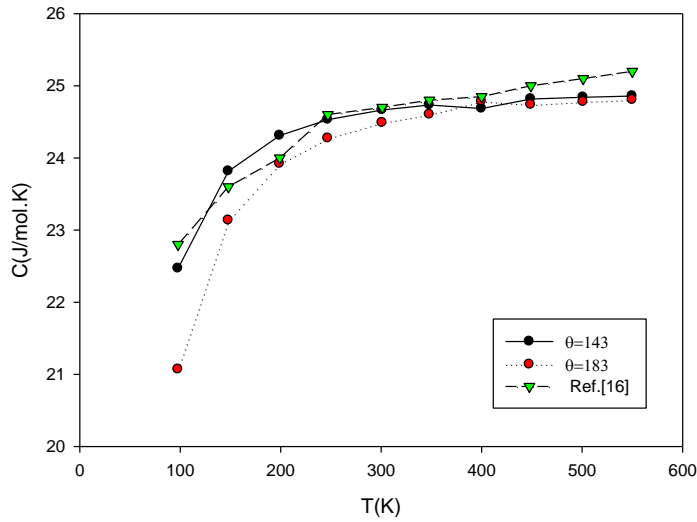
### 3. Numerical Results and Discussion

In this work, the Debye function is used to calculate the accuracy and precision heat capacity of AgCl. On the basis of Eq. (5), we constructed a program for computation of the heat capacity using Mathematica 7.0 software. Calculation results are given in Table 1. The results show that the presented formula is general and valid for arbitrary values of temperatures. To show the accuracy and efficiency of the calculations, we compared with the literature data. As can be seen from Table 1 and Figure 1, the obtained results for the heat capacity for Debye temperature  $\theta = 143$  (Srinivas, et al., 1984) values are in better agreement with literature data than Debye temperature  $\theta = 183$  (Srinivas, et al., 1984) values. For comparison with different Debye temperature and Ref. [16] of heat capacity of AgCl, we show in Figure 1. In summary, further academic backgrounds and further discussion of their results are required. The main contribution of this work is to add new relationships to the heat capacity of AgCl with the Debye functions. In addition, the correctness of calculation is

investigated and the theoretical evaluation of the heat capacity of AgCl has been performed.

**Table 1.** Calculation of heat capacity of AgCl

$T(K)$	$C_v (J/mol.K)$ for $\theta = 143$	$C_v (J/mol.K)$ for $\theta = 183$	Ref.[16]
97.8	22.468	21.0692	22.8
148	23.8169	23.1361	23.6
199	24.3111	23.9198	24.0
247	24.5303	24.272	24.6
301	24.6641	24.4884	24.7
348	24.7339	24.6018	24.8
400	24.6842	24.7843	24.85
449	24.8168	24.7372	25.0
501	24.8412	24.7774	25.1
550	24.8582	24.8054	25.2



**Figure 1.** Compare with different Debye temperature and Ref.[16] of heat capacity of AgCl

## REFERENCES

- Armistead, W. H.; Stookey, S. D. *Science*. 144 (1964) 150–154.
- Sakagami, T., Machida, K., Fujii, Y., Noriyuki Arakawa, Naohiro Murayama (1986). Photochromic lens. US4756973A.
- Santelices, P. I., Rieck, J. N., Chan, J. C., Krishnan, S., Curtis, W. G., Pyles, R. A. (1999). Process for preparing a photochromic lens. US6367930B1.
- Petcen , D. H. (1983). Controlled wafer relaxing in making composite lenses. US4495015A
- Kumar, A. (1999). Photochromic naphthopyrans. US6353102B1.
- Havens, T. G., Kerko, D. J., Wedding, B. M. (1998). Photochromic glass and lens. US6177371B1.
- Fritz, J. J. *Journal of Solution Chemistry*. 14 (1985) 865-879
- Panish, M. B., Blankenship, F. F., Grimes, W. R., Newton, R. F. *J. Phys. Chem.* 62 (1958) 1328-1331.
- Tarasov, V. V., Yunitskii, S. A. *Zh. Fiz. Chim.* 39 (1965) 2077.
- Ch. Kittel, *Introduction to Solid State Physics* (Wiley, New York, 1976)
- Tarasov, V.V. *Compt. Rend. Acad. Sci. URSS* 46 (1945) 110.
- Magomedov, M.N. *High Temp.* 40 (2002) 542.
- Guseinov, I.I., Mamedov, B.A. *Int. J. Thermophys.* 28, 1420–1426 (2007).
- Dogan, Z., Mehmetoglu, T. *International journal of hydrogen energy.* 41 (2016) 19265-19268.
- Srinivas, K. Sirdeshmukh, D. B. *Pramana.* 23 (1984) 595-597.
- Akdere, U. *International Journal of Modern Physics B.* 29 (2015) 1550091-8.



# PV SANTRALLERİN DEĞİŞKEN NÜFUZ SEVİYELERİNE GÖRE GÜÇ SİSTEMİNDE FREKANS KARARLILIĞI ANALİZİ

**Yük. Lisans Öğr. Bora ÇAVDAR**

Karadeniz Teknik Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Fatih Mehmet NUROĞLU**

Karadeniz Teknik Üniversitesi

**ÖZET:** Hava kirliliğinin artması ve fosil enerji kaynakları rezervinin azalması yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacı gün geçtikçe artırmaktadır. Bu yüzden mevcut güç şebekelerinde yenilenebilir enerji sistemlerinin entegrasyonu hızla artış göstermektedir. Yenilenebilir enerji sistemlerinin artışı mevcut güç şebekelerinde olumlu ve olumsuz etkiler oluşturması kaçınılmazdır. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynağından üretim yapan PV santralin güç şebekelerine etkisi ele alınmıştır. Şebekede PV santral, senkron jeneratörlü santralden farklı etkiler göstermektedir. Bu farklılıkların sebepleri arasında PV santralin mekanik atalet momenti eksikliği, kısa devre arıza akımına katkısının az olması ve hava koşullarından etkilenmesi bulunur. Yapılan çalışma DigSilent Powerfactory simülasyon programında modellenmiştir. Çalışmada IEEE 9 baralı güç sistemi modeli kullanılmıştır. Modelde bir senkron jeneratörlü santral ile bir PV santral yer değiştirilmiştir. Bu PV santralin güç sistemindeki nüfuzu %12, %24, %36 ve %48 olarak dört farklı orandadır. İş bu oranlar için sistemde üç farklı senaryo gerçekleştirilmiştir. Senaryolar 3 faz kısa devre arızası, yükün anlık devreden çıkması ve hattın anlık devreden çıkması durumlarıdır. Ayrıca bu senaryoların ikişer alt durumu bulunmaktadır. Alt durumlar PV santrale uzak ve yakın yerde oluşan geçici olayların karşılaştırılması içindir. Senaryolar ve alt durumların sonucunda sistemde bir bara üzerinden frekans ölçümü alınarak frekans kararlılığı analizi gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** PV Santrali, Frekans Kararlılığı, Dinamik Analiz, Yenilenebilir Enerji Kaynağı

## Frequency Stability Analysis In Power System According to Variable Penetration Levels of PV Plants

**ABSTRACT:** The increase in air pollution and the decrease of fossil energy resources increase the need for renewable energy sources day by day.

Therefore, the integration of renewable energy systems in existing power grids is rapidly increasing. It is inevitable that the increase of renewable energy systems will have positive and negative effects on existing power grids. In this study, the effect of PV plant producing/generating from renewable energy source on power grids is discussed. PV plant has different effects than the power plant with synchronous generator. The reasons for these differences include lack of mechanical moment of inertia, low contribution to short circuit fault current and being affected by weather conditions in PV plant. The study has been modeled in DigSilent Powerfactory simulation program. IEEE 9-bus system was used in the study. A synchronous generator was replaced with a PV plant in the model. The penetration of this PV plant in the power system is at four different rates as 12%, 24%, 36% and 48%. Three different scenarios were realized in the system for these rates. The scenarios are 3 phase short circuit fault, load out of service instantly and line out of service instantly. In addition, these scenarios have two sub-states. Sub-cases are for the comparison of transients (events that occur) occurring far and close to the PV plant. As a result of the scenarios and sub-cases, frequency stability analysis was performed by taking the frequency measurement over a bus in the system.

**Keywords:** PV Plant, Frequency Stability, Dynamic Analysis, Renewable Energy Source

## 1. GİRİŞ

Güç sistemlerinde geleneksel enerji üretim yöntemleri bazı problemlere sahiptir. Bu yöntemlerden biri olan fosil yakıtlar enerji üretimi, çevre kirliliği ve yenilenebilen yapıya sahip olması problemlerini barındırır (U.S EPA, 2015). Bir diğer yöntem olan hidroelektrik santrallerde gerçekleştirilen enerji üretimi, yenilenebilir enerji kaynağına sahip olmasına rağmen çevreye zararlı etkileri bulunmaktadır. Bu durumlar göz önüne alındığında çevreye daha az zararlı ve tükenmeyen enerji kaynakları ile yapılan enerji üretimi ön plana çıkmaktadır. Bu kaynakların kullanıldığı santrallerden en önemlileri sırasıyla doğrudan güneş ve rüzgâr enerjisini kullanan Fotovoltaik (PV) santraller ve Rüzgâr santralleridir. Güç sistemlerinde bu santrallerin artarak yer bulmasıyla dinamik olaylar karşısında sistemde oluşturdukları etkilerin analizleri önem kazanmıştır.

Bu çalışmada teknolojik gelişmelerle birlikte hızla ön plana çıkan yenilenebilir enerji üretim santrali olan PV santral ele alınmıştır. PV santrallerin senkron jeneratörlü üretim yapan santrallerden farkı mekanik atalet momenti eksikliği (You vd., 2017) ve hava koşullarından yani ışık ile sıcaklıktan etkilenmesidir (Patel vd., 2008; WECC, 2010). PV santrallerin bu farklılığının güç sistemlerindeki etkisini değerlendirmek için literatürde çalışmalar yapılmıştır. Literatürde genel olarak kullanılan iki

farklı tip PV santraller için incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi çatı tipi PV santraller diğeri ise büyük ölçekli PV santralleridir.

Literatürde yapılan çalışmaların bazılarında PV santrallerin farklı nüfuz seviyelerine göre analizleri gerçekleştirilmiştir (Achilles vd., 2008; Viet vd., 2010; Eftekharnejad vd., 2012; Yagami vd., 2013; Eftekharnejad vd., 2013; Rahmann vd., 2014; You vd., 2017; Bhatt vd., 2017; Jietan vd., 2017; RajaMohamed vd., 2017a; RajaMohamed vd., 2017b). Genellikle literatürde gerçekleştirilen analizler küçük işaret kararlılığı (Du vd., 2009; Liu vd., 2010; Eftekharnejad vd., 2013; Bueno vd., 2016; Srivastava vd., 2018; Li vd., 2019; Rajan vd., 2019) ve geçici hal kararlılığı (Viet vd., 2010; Eftekharnejad vd., 2012; Yagami vd., 2012; Yagami vd., 2013; Mrehel vd., 2016; RajaMohamed vd., 2017a; RajaMohamed vd., 2017b) analizleridir. Genellikle bu tip analizler üzerinde durulsa da son yıllara doğru PV santrallerin frekans kararlılığı analizleri de artış göstermektedir (Achilles vd., 2008; Rahmann vd., 2014; Yan vd., 2015; You vd., 2017; Bhatt vd., 2017; Jietan vd., 2017; Dajun vd., 2018). Bu analizlerden bazıları farklı nüfuz seviyelerini göz önüne alarak frekans kararlılığını incelemiştir (Achilles vd., 2008; Rahmann vd., 2014; You vd., 2017; Bhatt vd., 2017; Jietan vd., 2017).

Bu çalışma DigSilent Powerfactory simülasyon programında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada PV santral farklı nüfuz seviyelerinde güç sistemine entegre edilmiştir. Burada kullanılan PV santral büyük ölçekli olarak nitelendirilen bir santraldir. Çalışmada farklı senaryolar ve bu senaryoların alt durumları meydana getirilerek frekans kararlılığı analizi yapılmıştır. Yapılan çalışmadaki koşullar göz önüne alındığında literatürde yapılan çalışma sayısının da oldukça az olduğu gözükmektedir (Achilles vd., 2008; Rahmann vd., 2014; Bhatt vd., 2017; Dajun vd., 2018).

Bu çalışmadaki organizasyon sırası; Bölüm II’de PV santral ile güç sisteminin modellenmesi ve senaryolar, Bölüm III’te yapılan simülasyonun sonuçlarının ortaya konulması ve analiz edilmesi, Bölüm IV’te çalışmanın bir bütün olarak ele alınması ve değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

## 2. MODELLEMELER VE SENARYOLAR

Yapılan simülasyon çalışması DigSilent Powerfactory simülasyon programında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada IEEE9 baralı güç sistemi kullanılmıştır (Anderson vd., 2003). Bu çalışmada 3 farklı senaryo oluşturulmuş ve bunlara ait alt durumlar analiz edilmiştir.

### **2.1. PV Santral Modellemesi**

PV panellere gelen güneş radyasyonu ile doğru akım elde edilir (WECC, 2010). Elde edilen bu doğru akım evirici aracılığıyla alternatif akıma çevrilerek güç sistemine bağlantısı gerçekleştirilebilir (WECC, 2010). Eviriciler düşük kısa devre akım katkısı ve atalet momenti eksiliğini güç sistemine yansıtır.

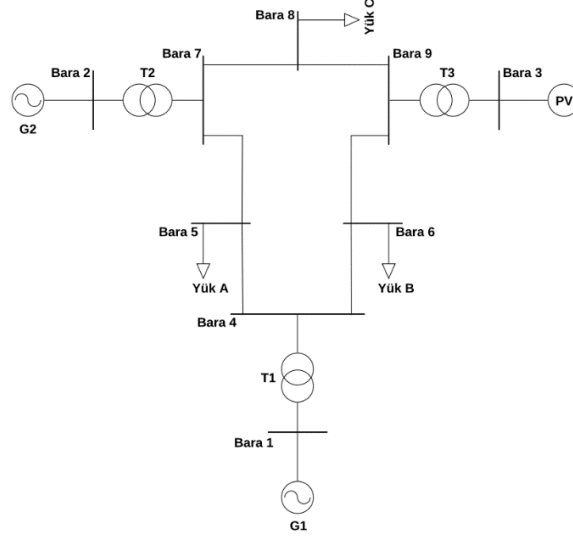
Simülasyonlarda güç sistemine PV santrallerin entegre edilmesi için yapılan modellemeler bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan PV santral, Western Electricity Coordinating Council tarafından geliştirilmiş olan kontrol modelleriyle donatılmıştır. Bu kontrol modellerinin kullanılması dinamik analizin daha doğru gerçekleştirilebilmesi açısından önemlidir.

Çalışmada kullanılan PV santral büyük ölçekli olup dinamik analiz için gerekli olan WECC kontrol modelleri de ona uygun seçilmiştir. Burada lokal gerilim kontrollü PV santral kullanılmıştır. Bu durum WECC kontrol modellerinden Renewable Energy Generator/Convertor (REGC\_A) ve Renewable Energy Electrical Control (REEC\_B) kullanılmasıyla sağlanmıştır. REGC\_A jeneratör-konvertör ve REEC\_B elektrik kontrol modelidir (WECC, 2012). Yapılan modellemede gerilim düşüşü olduğunda güç sistemine bağlı kalma yeteneği olan Low Voltage Ride Through (LVRT) özelliği PV santralde kullanılmıştır (Keller vd., 2010). Ayrıca PV santralin modellemesinde koruma modeli de bulunmaktadır. Burada kullanılan PV santral modeliyle alakalı daha detaylı bilgi (DigSILENT GmbH, 2020) elde edilebilir.

### **2.2. Güç Sistemin Modellenmesi**

Bu çalışmada güç sisteminin frekansı 50 Hz'dir. IEEE 9 baralı güç sistemi Bara 3'te bulunan senkron jeneratör çıkartılarak yerine PV jeneratör eklenmesiyle değiştirilmiştir. Sistemde bulunan tüm senkron jeneratörlerde governor ve AVR kullanılmıştır. G1 jeneratörünün olduğu santral hidroelektrik santrali, G2 jeneratörünün olduğu santral ise doğal gaz santrali olarak modellenmiştir. Kullanılan governor, AVR ve güç sisteminin dinamik parametrelerine (DigSILENT, 2020) kaynağından ulaşılabilir.

Şekil 1 PV Santrali Entegre Edilerek Değiştirilmiş IEEE 9 Baralı Güç Sistemi



Çalışmada kullanılan güç sisteminde G1 jeneratörünün bağlı olduğu bara salınım barası seçilmiş olup bu jeneratörün gerilim genliği 1,040 pu ve açısı 0 derecedir. Ayrıca G2 jeneratör gerilim genliği 1,025 pu ve PV santralinki 1,000 pu değerindedir. G1, G2 jeneratörlerinin nominal görünür güç değerleri sırasıyla 250 ve 150 MVA'dır. PV santralin nominal güç değeri ise 200 MVA'dır.

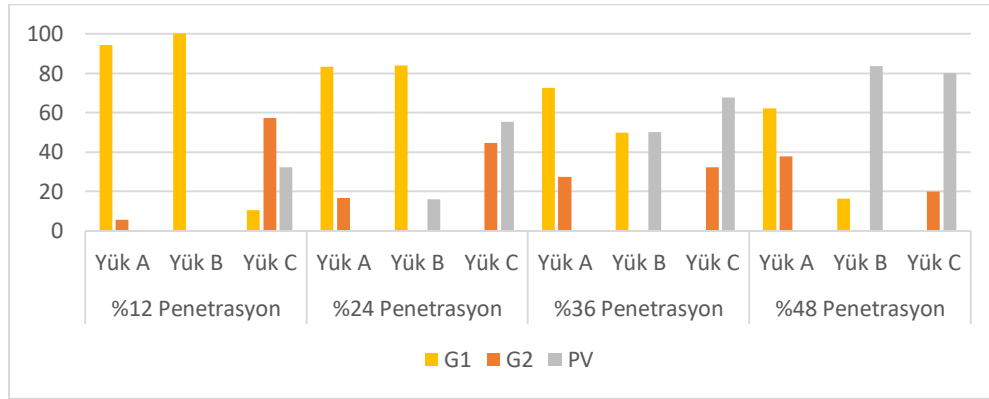
Çalışmada üretim ve tüketim elamanlarının bağlı olduğu bara ve güç değerleri aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Çizelge 1 Jeneratör ve Yük Verileri

<i>Jeneratör / Yük</i>	<b>Bağlı Olunan Bara Numarası ve Tipi</b>	<b>Arz / Talep Aktif Güç (MW)</b>	<b>Arz / Talep Reaktif Güç (MVAr)</b>
<i>G1</i>	1 – Salınım	–	–
<i>G2</i>	2 – Üretim	90	–
<i>PV</i>	3 – Üretim	45,6 / 91,2 / 136,8 / 182,4	–
<i>Yük A</i>	5 – Yük	160	70
<i>Yük B</i>	6 – Yük	80	35
<i>Yük C</i>	8 – Yük	140	40

Çizelge 1’de görüldüğü üzere PV santralde 4 farklı değerde aktif güç üretimi mevcut bulunmaktadır. Bu değerler PV santralin ürettiği aktif güçlerin, sistemde tüketilen aktif güç miktarına göre sırasıyla %12, %24, %36 ve %48 değerlerine karşılık gelmektedir. Örneğin PV santral 45,6 MW aktif güç üretsin ve sistemde Çizelge 1’de görüldüğü üzere 380 MW aktif güç talep ediyor. Bu durumda PV santral sistemde talep edilen aktif gücün %12’sini sağlıyor.

Şekil 2 Yük Akışlarına Göre Jeneratörler Tarafından Yüklere Sağlanan Aktif Güç Oranları



Şekil 2’de sistemdeki yükler tarafından tüketilen aktif güç değerlerine hangi jeneratörlerin ne kadar katkı yaptığı oransal olarak gösterilmektedir. Ortaya koyulan grafik jeneratörlerin ürettikleri aktif güç miktarları ve yük akışı göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Bu grafiğin yapılmasının amacı senaryolarda gerçekleştirilen dinamik olayların yorumlanabilmesine olan katkısıdır.

### 2.3. Senaryolar

Bu çalışmada 3 farklı senaryo uygulanmış ve gerçekleştirilen senaryoların içinde farklı alt durumlar ele alınmıştır. Yapılan çalışma güç sisteminde oluşabilecek farklı senaryolar göz önüne alınarak Çizelge 2’de verildiği üzere alt durum oluşmaktadır.

Çizelge 2 Senaryolar

<i>Senaryo Numarası</i>	<i>Senaryo Tipi</i>	<i>Uygulanan Birim</i>
<i>I</i>	Hattın Anlık Devreden Çıkması	Hat 5-7 / Hat 6-9
<i>II</i>	Yükün Anlık Devreden Çıkması	Yük A / Yük B
<i>III</i>	3 Faz Kısa Devre Arıza	Bara 5 / Bara 6

Senaryo I ve Senaryo II’de belirtilen güç sistemi elemanları anlık olarak devreden çıkmış daha sonra sisteme bağlanmıştır. Senaryo III’te gerçekleştirilen kısa devre olayı ise meydana geldikten sonra temizlenerek giderilmiştir. Senaryolarda alt durumların gerçekleştirilmesinin sebebi bu durumların PV santralin bağlı olduğu yere yakın ve uzak olmasıdır.

Tüm senaryolarda gerçekleştirilen durumlar  $t=1$  s gerçekleştirilmiş ve  $t=1.1$  s’de sistem önceki durumuna geri dönerek giderilmiştir.

Yapılan çalışmada tüm senaryolar için 4 farklı nüfuz seviyesinde incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, güç sistemine entegre edilen PV santralin, senaryolar sonucunda, frekanstaki etkisinin analizi yapılmıştır. Yapılan analiz tüm senaryolara uzaklığı sebebiyle seçilen Bara 8 üzerinden gerçekleştirilmiştir.

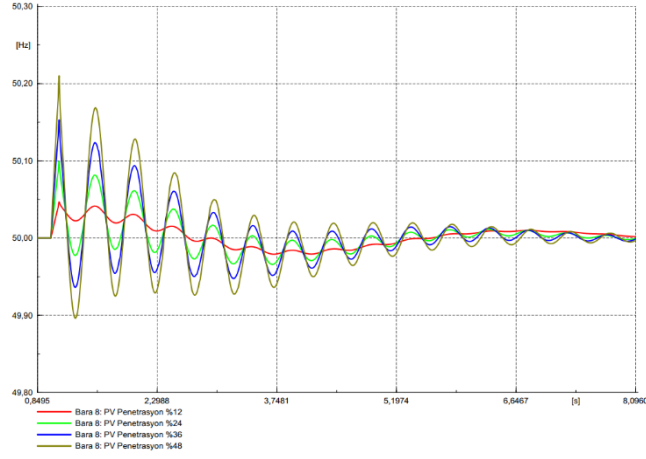
### 3. SİMÜLASYON SONUÇLARI

#### 3.1. Senaryo I: Hattın Anlık Olarak Devreden Çıkması

Senaryo I’de hattın anlık olarak devreden çıkıp geri gelmesiyle frekans tepkisi incelenmiştir. Bu senaryoda PV santrale yakın ve uzak olan 2 hattın anlık olarak devreden çıkması durumları ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

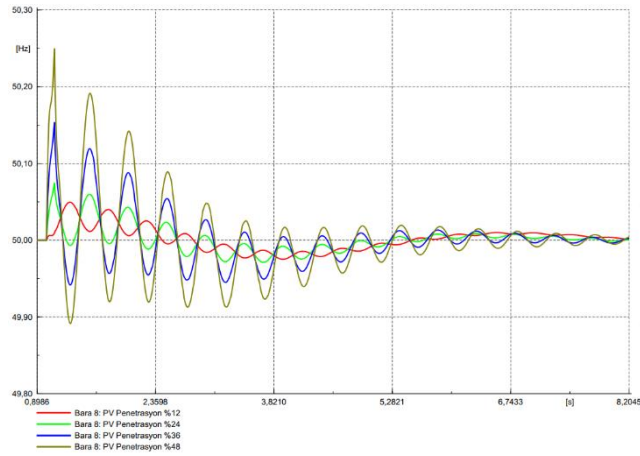
Uzak olan hatta, Hat 5-7, oluşan durum incelendiğinde sistemin frekans tepkisi Şekil 3’teki gibi elde edilmiştir.

Şekil 3 Hat 5-7’nin Anlık Olarak Devreden Çıkması Sonucunda Bara 8’in Frekans Tepkisi



PV santrale daha yakın olan Hat 6-9'da oluşan durumun sonucunda oluşan sistemin frekans tepkisi incelendiğinde ise Şekil 4'teki sonuç ortaya çıkmıştır.

Şekil 4 Hat 6-9'un Anlık Olarak Devreden Çıkması Sonucunda Bara 8'in Frekans Tepkisi



Bu durumların her ikisinde de tüm jeneratörlerdeki aktif güçler incelendiğinde benzer durumlar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle üstte verilen her iki şekilde de benzer frekans tepkilerinin meydana geldiği görülmektedir. Hatların devreden çıkmasıyla ani olarak toplamda senkron jeneratörlerden talep edilen aktif güçler azalmıştır. Başlangıçta sistemde senkron jeneratörlerden talep edilen aktif gücün azalması bu jeneratörlerde oluşan üretim fazlalığı durumu sistemdeki frekansını arttırmıştır.

Sistemde PV santralin nüfuz seviyesi arttıkça frekansta oluşan salınımın ve maksimum aşmanın arttığı açıkça görülmektedir.

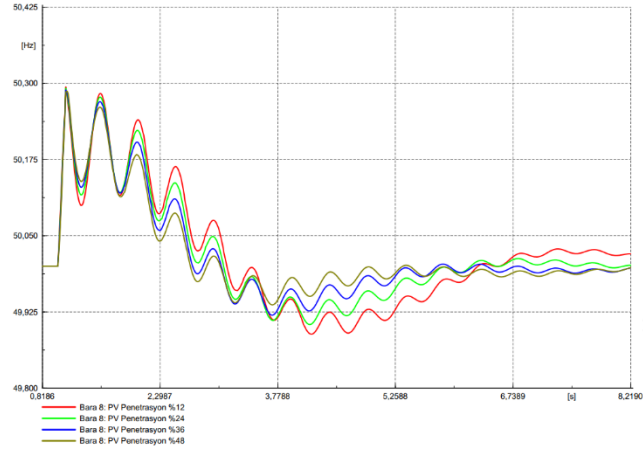
Hat 5-7'nin devreden anlık olarak çıkmasıyla G1 jeneratöründe nüfuz oranı %12 ve %24 durumlarında üretilen aktif güç talep edileni geçmiş diğer durumlarda ise tam tersi meydana gelmiştir. Tüm PV nüfuz oranlarında G2 jeneratöründen talep edilen aktif güç ise üretilenden daha az olmuştur. G1 ile G2 jeneratörlerinde üretilen ve talep edilen aktif güç miktarları değişikliğine bakıldığında nüfuz seviyeleri %36 ve %48 oranlarında G2 jeneratöründeki değişimin çok daha fazla olması frekansın artmasıyla sonuçlanmıştır. Nüfuz seviyesi arttıkça salınımın artmasındaki en büyük etken ise Yük A'yı besleyen G2 jeneratörünün Yük A'ya sağladığı aktif güç oranının artmasıdır. Hat devreden çıktığı anda Yük A'ya sağlanan yüksek miktarda aktif güç ortadan kalkmış, talep edilen aktif güç azalmıştır. Bu durum nüfuzun artmasıyla birlikte frekans tepkisindeki salınımın artmasında etkili bir durum haline gelmiştir.

Hat 6-9'un devreden anlık çıkmasıyla birlikte G1 jeneratöründe %12 ve %24 nüfuz seviyelerinde talep edilen aktif güç üretilenden az duruma gelmiş diğer durumlarda ise tersi yaşanmıştır. G2 jeneratöründe %12 nüfuz seviyesinde talep edilen aktif güç üretileni geçmişken diğer nüfuz seviyelerinde ise tersi gerçekleşmiştir. Nüfuz oranı %12 olduğu durumda G1 jeneratöründe üretilen ve talep edilen arasında oluşan fark G2 jeneratöründe oluşandan çok daha fazladır. Buda frekansın artmasına sebebiyet vermiştir. Diğer nüfuz seviyelerinde ise G2 jeneratöründe üretilen ve talep edilen aktif güç miktarları arasındaki fark G1 jeneratöründekinden çok daha fazla olmasıyla yine frekansta artma meydana gelmiştir. Burada PV santrali tarafından üretilen aktif güç nüfuz seviyesi arttıkça, Yük C ve Yük B de tüketilen aktif güce santralin sağladığı güç iletimi artmıştır. Bunun sonucunda hattın devreden çıkmasıyla Yük B'ye PV santralin aktardığı aktif güç ortadan kalkmış ve bu aktif güç Yük C'ye yönelmiştir. Meydana gelen bu olay sonucunda G2 jeneratöründen talep edilen aktif güç azalmış ve üretilen ile arasında fark olmasına sebep olmuştur. Nüfuzdaki artış, ortaya çıkan olaydaki etkisini arttırmasıyla frekans tepkisinde oluşan salınımın artmasında rol oynamıştır.

### **3.2. Senaryo II: Yükün Anlık Olarak Devreden Çıkması**

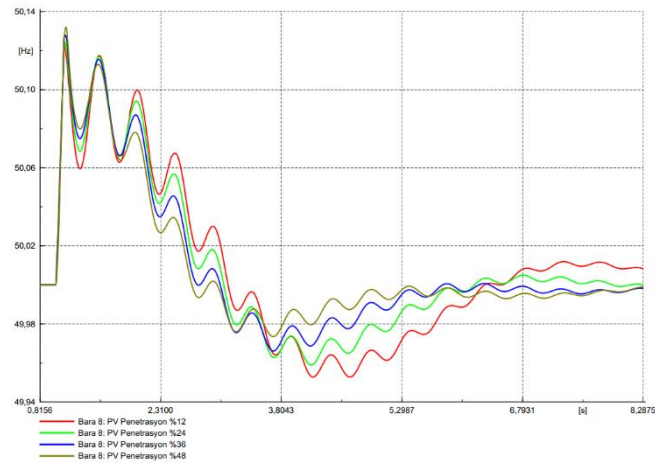
Senaryo II'de Yük A ve Yük B'nin, ayrı olaylar halinde, devreden anlık olarak çıkmasıyla güç sisteminde oluşan frekans tepkisi incelenmiştir. Sistemde bulunan Yük A aktif güç bakımından Yük B'den büyük olduğu Çizelge 1'de verilmiştir. Ayrıca Şekil 1'ten görüldüğü üzere Yük A PV santrale daha uzak durumdayken Yük B daha yakın konumdadır. Burada yüklerin bulunduğu konumların karşılaştırılması ve geçici durumların sonucunda oluşan frekans tepkisi incelenmiştir.

Şekil 5 Yük A'nın Anlık Olarak Devreden Çıkması Sonucunda Bara 8'in Frekans Tepkisi



Şekil 5 ve Şekil 6'daki frekans tepkisi davranış olarak benzer olduğu görülmektedir. Yükün devreden anlık olarak çıkmasıyla üretilen aktif güç talep edilen güçten daha yüksek bir değere ulaşmış ve beklenildiği üzere frekans artmıştır. Her iki şekilde yükler sisteme geri geldiğinde yüksek olan frekans değerlerinde ani düşüş yaşanmış ve frekans salınarak nominal değerine geri gelmiştir.

Şekil 6 Yük B'nin Anlık Olarak Devreden Çıkması Sonucunda Bara 8'in Frekans Tepkisi

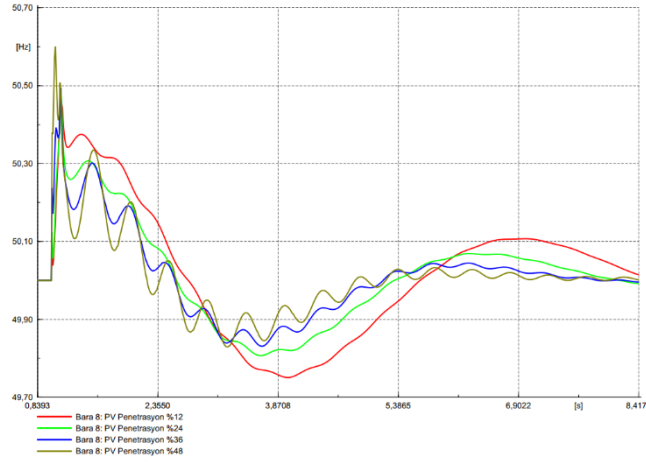


Yük A'nın güç değerleri Yük B'den büyük olması sebebiyle frekansta aşım daha fazla olmuştur. Ayrıca, şekillerden de görüldüğü üzere, iki durumda da gerçekleştirilen senaryo sonucunda PV santralin farklı nüfuz seviyeleri frekans tepkisi üzerinde önemli ölçüde fark oluşturmamıştır.

### 3.3. Senaryo III: 3 Faz Kısa Devre Arızası

Son olarak gerçekleştirilen Senaryo III'te PV santrale yakın ve uzaktaki baralarda, ayrı ayrı durumlar dahilinde, kısa devre arızalar meydana getirilerek oluşan frekans tepkisi incelenmiştir.

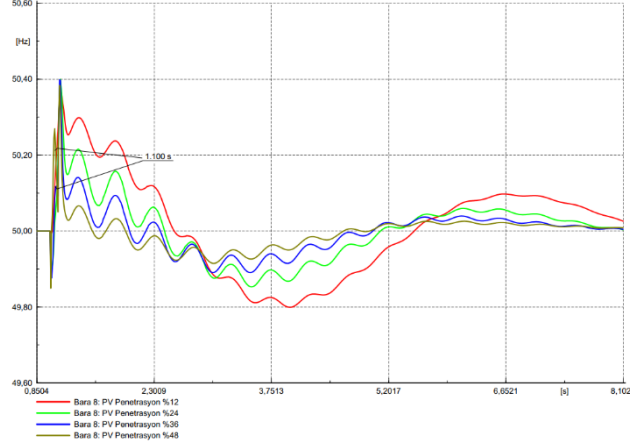
Şekil 7 Bara 5'te Kısa Devre Arızası Sonucunda Bara 8'in Frekans Tepkisi



Bara 5'te gerçekleştirilen 3 faz kısa devre arızası sonucu ortaya çıkan frekans tepkisi Şekil 7'de verilmiştir. Burada arıza meydana geldiği anda ve arıza boyunca frekansın arttığı görülmektedir.

Bara 5'te oluşan 3 faz kısa devre arızası sonucunda, sistemde nüfuz seviyesi %48, %36 %24 ve %12 olan PV santralin arıza boyunca nüfuzdaki, nominal işletme koşullarında, aktif güç değerine oranla sağladıkları güç seviyeleri sırasıyla %37, %26, %16 ve %9'dur. Arızanın Bara 5'te, PV santralden uzakta, meydana gelmesi PV santralin aktif güç desteğinin uygun şekilde sağlamasına olanak vermiştir. Bu yüzden G1 ve G2 jeneratörlerinde üretilen aktif güç talep edilenden fazla olduğu için arıza boyunca frekansta artış görülmüştür.

Şekil 8 Bara 6’da Kısa Devre Arızası Sonucunda Bara 8’in Frekans Tepkisi



Şekil 8’de PV santrale yakın olan Bara 6’da 3 faz kısa devre arızası sonucunda frekans tepkisi görülmektedir. Burada, arızanın başladığı anda nüfuz seviyesi arttıkça bir anlık frekans azalmasının daha yüksek miktarda olduğu sonrasında da arıza bitene kadar frekansta artış görüldüğü ortaya çıkmıştır.

PV santraline yakın yerde oluşan bu arızaya santralin kontrol birimlerinin verdiği tepki sonucunda başlangıçta PV santralin aktif güç üretimi sıfıra düşmüştür. Daha sonra arıza boyunca ortalama aktif güç sağlanmasında, sistemdeki %48 ve %36 nüfuz seviyelerinde bulunan PV santralin, sisteme sağladığı aktif güç miktarının işletme güçlerine oranı %8 ve %3 civarındadır. Arıza anında diğer nüfuz seviyelerinde sisteme aktif güç desteği bu oranlardan çok daha az miktarda, hatta sağlanmamış kabul edilebilir. Bu yüzden Bara 6’da oluşan 3 faz kısa devre arızasında, %12 nüfuz seviyesi haricinde, sistemde senkron jeneratörler arıza başlangıcında anlık olarak talep edilen aktif gücü üretilen güçle karşılayamamış ve frekansta azalış tepkisine sebep olmuşlardır. Burada meydana gelen frekans tepkisindeki büyük rol, arıza başlangıcındaki PV santralin sağladığı aktif gücü aşırı azaltmasına tepki veren G2 jeneratörünün etkisiyle oluşmuştur. Tüm jeneratörlerde arıza başlangıcında sisteme sağlanan aktif güç azalmış hemen peşine arıza anında bu gücü, dört nüfuz seviyesinde de G2 jeneratörü arttırmıştır. Daha sonra PV jeneratörünün arıza boyunca aktif güç desteği sağladığı iki nüfuz seviyesinde ve ani olarak G2 jeneratörünün tepki verdiği üretilen gücü arttırmasıyla bir anda senkron jeneratörlerde üretilen gücün talep edilenin önüne geçmesi durumu meydana gelmiştir. Bu durum, arıza boyunca başlangıçta azalış gösteren frekansın arıza giderilene kadar artış göstermesine sebep olmuştur.

Son olarak, nüfuz seviyeleri yüksek halde, Şekil 7 ve Şekil 8’de görüldüğü üzere, sistemde bulunan PV santralin olduğu durumlarda salınım daha hızlı kararlı

hale gelmiştir. PV santralin salınımsız şekilde ve çok hızlı bir biçimde işletme aktif gücüne dönebilme yeteneği burada ön plandadır.

#### 4. SONUÇLAR

Yenilenebilir enerji kaynaklarında gelişmelerin ve enerji ihtiyacının artmasıyla geleneksel güç sistemlerinde bu enerji kaynaklarının nüfuzu da artmaktadır. Bu artış sonucunda hava koşullarının etkisiyle santrallerin anlık üretimleri farklılık gösterebilir ya da sistemlere entegre edilen jeneratörlerin kapasiteleri değişebilir. Meydana gelebilecek bu durumlar sistemde o anki PV santrallerinin farklı nüfuz seviyelerinde bulunmasına sebep olur. Bu çalışmada PV santralin farklı nüfuz seviyesinde geleneksel güç sistemine etkisinin frekans açısından incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu inceleme Bara 8'den alınan frekans ölçümüyle yapılmıştır.

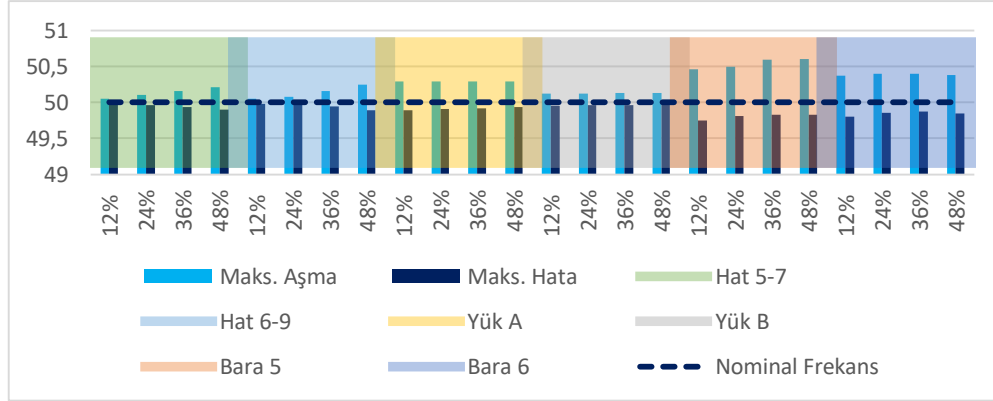
Yapılan çalışmada 3 farklı senaryo ve bu senaryoların 2'şer alt durumları incelenmiştir. Bu durumların incelenmesindeki amaç PV santrale uzak ve yakın olan yerlerde meydana gelebilecek aynı geçici olayların karşılaştırılabilmesi ve frekansta oluşan tepkinin analiz edebilmesi içindir. Analiz sonucunda ortaya çıkanlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Hatların anlık olarak devreden çıkması senaryosu sonucunda ölçülen frekansta nüfuz seviyeleri arttıkça her iki alt durum için de salınım artmıştır. Bu iki alt durumda da meydana gelen tepkiler birbirlerine yakındır.

- Yükün anlık olarak devreden çıkması senaryosunda bulunan iki alt durum incelendiğinde frekanslarda meydana gelen artışın nüfuz seviyelerinden çok fazla etkilenmediği görülmektedir. Ayrıca yükün kapasitesi arttıkça beklenildiği üzere frekansta daha çok sapma meydana gelmiştir.

- Kısa devre arızalarının gerçekleştiği senaryolarda iki alt durum için iki farklı sonuç elde edilmiştir. PV santrale yakın yerde, Bara 6'da, gerçekleşen kısa devre arızasında PV santralin sağladığı aktif güç arıza boyunca çok fazla azalmış hatta sıfıra yakın değerlere geldiği durum olmuştur. Diğer durumda, Bara 5'te, PV santral aktif güç desteğini arıza boyunca sağlayabilmiştir. Bu iki durum sonucunda, Bara 5'te arıza boyunca sürekli frekansta yükselme meydana gelmişken Bara 6'da nüfuz seviyesine de bağlı olarak başlangıçta frekansta düşüş daha sonra artış ortaya çıkmıştır.

Şekil 9 Senaryolarda Frekansın Ulaştığı Maksimum ve Minimum Değerler



Şekil 9’da 3 senaryonun frekansta meydana getirdiği maksimum ve minimum sapmalarının sonuçları ortaya koyulmuştur. Ortaya koyulan bu grafik sayesinde senaryolarda oluşan sapmaların birbirleriyle karşılaştırılması kolaylıkla yapılabilmektedir. Frekansta en büyük sapmayı Senaryo III’te Bara 5’te oluşan 3 faz kısa devre arızası meydana getirmiş ve onu aynı senaryodaki Bara 6’da oluşan arıza takip etmiştir. Frekansta en az sapma %12 ve %24 nüfuz seviyelerinde Senaryo I’de Hat 6-9 alt durumunda, %36 ve %48 nüfuz seviyelerinde ise Senaryo II’de Yük B alt durumunda meydana gelmiştir.

## KAYNAKÇA

- Achilles, S., Schramm, S., & Bebic, J. (2008). Transmission system performance analysis for high-penetration photovoltaics (No. NREL/SR-581-42300). National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).
- Anderson, P. M. & Fouad, A. A. (2003). Power System Control and Stability, 2nd Edition, IEEE Press, New York.
- Bhatt, G., & Affljulla, S. (2017, October). Analysis of large scale PV penetration impact on IEEE 39-Bus power system. In 2017 IEEE 58th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON) (pp. 1-6). IEEE.

- Bueno, P. G., Hernández, J. C., & Ruiz-Rodriguez, F. J. (2016). Stability assessment for transmission systems with large utility-scale photovoltaic units. *IET Renewable Power Generation*, 10(5), 584-597.
- Dajun, J., Lei, Z., Dawei, Z., Ning, C., & Minhui, Q. (2018, September). Research on PV Generation Participating in Power Grid Frequency Regulation. In 2018 China International Conference on Electricity Distribution (CICED) (pp. 1713-1717). IEEE.
- DigSILENT (2020). Digsilent Powerfactory.
- DigSILENT GmbH (2020, February). WECC dist. small PV plants , WECC large-scale PV plant.
- Du, W., Wang, H. F., & Dunn, R. (2009, April). Power system small-signal oscillation stability as affected by large-scale PV penetration. In 2009 International Conference on Sustainable Power Generation and Supply (pp. 1-6). IEEE.
- Eftekharnjad, S., Vittal, V., Heydt, G. T., Keel, B., & Loehr, J. (2012). Impact of increased penetration of photovoltaic generation on power systems. *IEEE transactions on power systems*, 28(2), 893-901.
- Eftekharnjad, S., Vittal, V., Heydt, G. T., Keel, B., & Loehr, J. (2013). Small signal stability assessment of power systems with increased penetration of photovoltaic generation: A case study. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 4(4), 960-967.
- Jietan, Z., Linan, Q., Pestana, R., Fengkui, L., & Libin, Y. (2017, November). Dynamic frequency support by photovoltaic generation with “synthetic” inertia and frequency droop control. In 2017 IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2) (pp. 1-6). IEEE.
- Keller, J., & Kroposki, B. (2010). Understanding fault characteristics of inverter-based distributed energy resources (No. NREL/TP-550-46698). National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).
- Liu, H., Jin, L., Le, D., & Chowdhury, A. A. (2010, October). Impact of high penetration of solar photovoltaic generation on power system small signal stability. In 2010 international conference on power system technology (pp. 1-7). IEEE.
- Li, H., Zhang, X., & Wan, T. (2019, December). Small-signal stability analysis of PV grid-connected inverter under weak-grid. In 2019 6th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE) (pp. 1141-1145). IEEE.
- Mrehel, O. G., Shamek, A. S., & Hamouda, M. D. (2016, December). Power system transient stability investigation in the presence of photovoltaic generation. In

- 2016 17th International Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (STA) (pp. 563-568). IEEE.
- Patel, H., & Agarwal, V. (2008). MATLAB-based modeling to study the effects of partial shading on PV array characteristics. *IEEE transactions on energy conversion*, 23(1), 302-310.
- Rahmann, C., & Castillo, A. (2014). Fast frequency response capability of photovoltaic power plants: The necessity of new grid requirements and definitions. *Energies*, 7(10), 6306-6322.
- RajaMohamed, S., Jeyanthi, P. A., & Devaraj, D. (2017, March). Investigation on the impact of high-penetration of PV generation on transient stability. In 2017 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS) (pp. 1-6). IEEE.
- RajaMohamed, S., Jeyanthi, P. A., & Devaraj, D. (2017, January). Study on the impact of under voltage ride through characteristics of larger PV penetrations on the system transient stability. In 2017 4th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS) (pp. 1-6). IEEE.
- Rajan, R., & Fernandez, F. M. (2019, March). Impact of Increased Penetration of Photovoltaic Sources on Small-Signal Stability of Hybrid and Multi-area Power Systems. In 2019 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT) (Vol. 1, pp. 1-6). IEEE.
- Srivastava, A., Meena, R., & Parida, S. K. (2018, December). Effect of PV and FACTS on Small Signal Stability. In 2018 20th National Power Systems Conference (NPSC) (pp. 1-5). IEEE.
- U.S Environmental Protection Agency (2015, October). Renewable energy in the clean power plan, The Clean Power Plan.
- Viet, N. H., & Yokoyama, A. (2010, October). Impact of fault ride-through characteristics of high-penetration photovoltaic generation on transient stability. In 2010 International Conference on Power System Technology (pp. 1-7). IEEE.
- WECC (2010, August). WECC guide for representation of photovoltaic systems in large-scale load flow simulations.
- WECC (2012, September). Generic solar photovoltaic system dynamic simulation model specification.
- Yagami, M., Hasegawa, T., & Tamura, J. (2012, October). Transient stability assessment of synchronous generator in power system with high-penetration photovoltaics. In 2012 15th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS) (pp. 1-6). IEEE.

- Yagami, M., Kimura, N., Tsuchimoto, M., & Tamura, J. (2013, June). Power system transient stability analysis in the case of high-penetration photovoltaics. In 2013 IEEE Grenoble Conference (pp. 1-6). IEEE.
- Yan, R., Saha, T. K., Modi, N., Masood, N. A., & Mosadeghy, M. (2015). The combined effects of high penetration of wind and PV on power system frequency response. *Applied Energy*, 145, 320-330.
- You, S., Liu, Y., Zhang, X., Su, Y., Wu, L., Liu, Y., & Hadley, S. W. (2017, July). Impact of high PV penetration on US eastern interconnection frequency response. In 2017 IEEE Power & Energy Society General Meeting (pp. 1-5). IEEE.



# PERFORMANCE COMPARISON OF SHALLOW AND DEEP CNNs FOR DIAGNOSIS OF PARKINSON'S DISEASE FROM GAIT VARIABILITY

Dr. İsmail CANTÜRK  
Yıldız Technical University

**ABSTRACT:** Parkinson's disease (PD) is one of the most common neurological disorders. It affects 2-3% percent of the elderly population. PD is related to depletion of dopaminergic neurons. Clinical diagnosis is generally based on appearance of motor features. Tremor, stiffness, and postural instability are among the motor symptoms of the disease. Due to the motor and non-motor symptoms of the disease, PD negatively affects the life of patients. Additionally, besides motor features, neuroimaging techniques are used to increase diagnosis accuracy. Early diagnosis of the disease is important for treatments of the symptoms. In this study, we compared the performance of shallow and deep convolutional neural networks (CNN) for diagnosis of Parkinson's disease from gait variability. Binary classification performance of the networks were evaluated with accuracy, sensitivity, specificity, precision, and F measure.

**Keywords:** Parkinson's Disease, AlexNet, GoogleNet, CNN.

## 1. INTRODUCTION

Parkinson's disease (PD) occurs in brain and it is related to depletion of dopaminergic neurons. Clinical diagnosis is generally based on appearance of motor features. Tremor, stiffness, and postural instability are among the motor symptoms of the disease. Additionally, neuroimaging techniques are used to increase diagnosis accuracy (Poewe et al., 2017). Besides clinical test, there are several suggested empirical tests to detect the disease (Cantürk, 2020a; Cantürk & Karabiber, 2016; Khatamino et al., 2018). One of them is gait variability tests. Scholars proved that people with PD exhibit gait variability (Frenkel-Toledo et al., 2005; Frenkel-Toledo et al., 2005; Hausdorff et al., 2007; Yogev et al., 2005).

In this study, we utilized a publicly available gait dataset (Goldberger AL, 2003), which was consisted of gait signals of PD patients and healthy subjects. There were 93 PD patients and 73 healthy subjects. Gait signals were collected with pressure sensors, which were located under the foot. In previous studies of us, we statistically analyzed the relationship between PD and gait variability (Cantürk, 2020c) and also applied gray level co-occurrence matrix to predict severity of PD (Cantürk, 2020b).

In this study, we compared the performance of shallow and deep convolutional neural networks (CNN) for diagnosis of Parkinson’s disease from gait variability. Binary classification performance of the networks were evaluated with accuracy, sensitivity, specificity, precision, and F measure metrics. Gait signals, which were time series signals, are one dimensional signals. Utilized CNNs in this study accept two dimensional signals. Therefore gait signals were converted to images with fuzzy recurrence plot method (Pham, 2017). Generated images were classified with AlexNet (Krizhevsky et al., 2012) and GoogleNet (Szegedy et al., 2015) to detect the patients. AlexNet is a shallow CNN and it includes 8 layers. GoogleNet is a much deeper CNN, which is consisted of 22 layers.

## 2. RESULTS

Results of the study were validated with 10 fold cross validation technique. In every fold, 75% of the data were used for training data and 25% of the data were used for testing. Table 1 shows the obtained scores for all subjects. Results of every folds and average results were given in the table. According average results GoogleNet performed better than AlexNet for all subjects. GoogleNet obtained 0.71 accuracy and 0.81 F1 scores. These scores were 0.68 and 0.78 for AlexNet respectively.

**Table 1.** Obtained Results with GoogleNet and AlexNet for All Subjects

GoogleNet	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision	Recall	F1	AlexNet	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision	Recall	F1
1 fold	0.63	0.75	0.35	0.73	0.75	0.74	1 fold	0.71	0.94	0.16	0.72	0.94	0.82
2 fold	0.70	0.89	0.26	0.73	0.89	0.80	2 fold	0.61	0.58	0.67	0.80	0.58	0.68
3 fold	0.74	0.89	0.39	0.77	0.89	0.82	3 fold	0.70	0.93	0.19	0.73	0.93	0.81
4 fold	0.72	0.77	0.61	0.82	0.77	0.80	4 fold	0.64	0.73	0.43	0.75	0.73	0.74
5 fold	0.72	0.92	0.26	0.74	0.92	0.82	5 fold	0.70	0.91	0.23	0.73	0.91	0.81
6 fold	0.79	0.96	0.39	0.78	0.96	0.86	6 fold	0.67	0.76	0.46	0.77	0.76	0.77
7 fold	0.79	0.98	0.35	0.78	0.98	0.87	7 fold	0.75	0.91	0.36	0.77	0.91	0.84
8 fold	0.71	0.96	0.13	0.72	0.96	0.82	8 fold	0.61	0.64	0.55	0.77	0.64	0.70
9 fold	0.63	0.68	0.52	0.77	0.68	0.72	9 fold	0.70	0.91	0.22	0.73	0.91	0.81
10 fold	0.68	0.89	0.22	0.72	0.89	0.80	10 fold	0.72	0.91	0.29	0.75	0.91	0.82
Average	0.71	0.87	0.35	0.76	0.87	0.81	Average	0.68	0.82	0.36	0.75	0.82	0.78

In the next experiment, we tested the performance of the CNNs for male subjects. Table 2 gives scores of this experiment. GoogleNet also acquired better scores than AlexNet for this case. Although GoogleNet produced 0.74 accuracy and 0.84 F1 scores, AlexNet obtained 0.67 accuracy and 0.77 F1 metrics.

**Table 2.** Obtained Results with GoogleNet and AlexNet for Male Subjects

GoogleNet	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision	Recall	F1	AlexNet	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision	Recall	F1
1 fold	0.77	0.94	0.25	0.79	0.94	0.86	1 fold	0.67	0.80	0.32	0.77	0.80	0.78
2 fold	0.77	0.89	0.42	0.82	0.89	0.85	2 fold	0.70	0.86	0.27	0.77	0.86	0.81
3 fold	0.68	0.74	0.50	0.81	0.74	0.78	3 fold	0.58	0.57	0.62	0.81	0.57	0.67
4 fold	0.70	0.91	0.08	0.74	0.91	0.82	4 fold	0.70	0.82	0.35	0.78	0.82	0.80
5 fold	0.72	0.91	0.17	0.76	0.91	0.83	5 fold	0.65	0.67	0.59	0.82	0.67	0.74
6 fold	0.77	0.97	0.17	0.77	0.97	0.86	6 fold	0.79	0.97	0.27	0.79	0.97	0.87
7 fold	0.81	0.86	0.67	0.88	0.86	0.87	7 fold	0.60	0.82	0.00	0.70	0.82	0.75
8 fold	0.79	0.97	0.25	0.79	0.97	0.87	8 fold	0.71	0.76	0.57	0.83	0.76	0.79
9 fold	0.64	0.86	0.00	0.71	0.86	0.78	9 fold	0.79	0.94	0.38	0.81	0.94	0.87
10 fold	0.79	1.00	0.17	0.78	1.00	0.88	10 fold	0.55	0.51	0.65	0.80	0.51	0.62
Average	0.74	0.91	0.27	0.79	0.91	0.84	Average	0.67	0.77	0.40	0.79	0.77	0.77

Lastly, the CNNs were tested for female subjects and the results were demonstrated in Table 3. GoogleNet and AlexNet obtained very similar scores for this experiment. Accuracy and F1 metrics were 0.66, 0.67 and 0.76, 0.75 for GoogleNet and AlexNet respectively.

**Table 3.** Obtained Results with GoogleNet and AlexNet for Female Subjects

GoogleNet	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision	Recall	F1	AlexNet	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Precision	Recall	F1
1 fold	0.67	0.84	0.36	0.70	0.84	0.76	1 fold	0.57	0.71	0.31	0.65	0.71	0.68
2 fold	0.67	1.00	0.09	0.66	1.00	0.79	2 fold	0.63	0.86	0.22	0.66	0.86	0.74
3 fold	0.60	0.84	0.18	0.64	0.84	0.73	3 fold	0.70	0.84	0.47	0.73	0.84	0.78
4 fold	0.70	0.79	0.55	0.75	0.79	0.77	4 fold	0.77	1.00	0.38	0.74	1.00	0.85
5 fold	0.63	0.79	0.36	0.68	0.79	0.73	5 fold	0.73	0.88	0.47	0.74	0.88	0.80
6 fold	0.70	0.84	0.45	0.73	0.84	0.78	6 fold	0.60	0.75	0.34	0.67	0.75	0.71
7 fold	0.77	0.84	0.64	0.80	0.84	0.82	7 fold	0.67	0.68	0.66	0.78	0.68	0.72
8 fold	0.57	0.79	0.18	0.63	0.79	0.70	8 fold	0.60	0.57	0.66	0.74	0.57	0.65
9 fold	0.63	0.84	0.27	0.67	0.84	0.74	9 fold	0.74	0.86	0.53	0.76	0.86	0.81
10 fold	0.70	0.89	0.36	0.71	0.89	0.79	10 fold	0.70	0.91	0.34	0.71	0.91	0.80
Average	0.66	0.85	0.35	0.69	0.85	0.76	Average	0.67	0.81	0.44	0.72	0.81	0.75

According the results of this study, the deep CNN usually performed better than the shallow CNN to diagnose PD from gait variability. Moreover, although the best scores were obtained for male subjects, the lowest scores were obtained for female subjects.

### Acknowledgments

This work was supported by Yildiz Technical University Scientific Research Projects Coordination Unit. Project Number: FAP-2020-3964

### REFERENCES

- Cantürk, İ. (2020a). Fuzzy recurrence plot-based analysis of dynamic and static spiral tests of Parkinson's disease patients. *Neural Computing and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05014-2>
- Cantürk, İ. (2020b, 07-09 July 2020). Gray Level Co-Occurrence Matrix Utilization for Predicting Severity of Parkinson's Disease from Gait Variability Based on Gender. IV. International Congress on New Trends in Science, Engineering and Technology, Sankt-Peterburg, Russia.
- Cantürk, İ. (2020c). Parkinson Hastalığının Derecesi ile Yürüyüş Değişkenliği Arasındaki İlişkinin Bulanık Tekrarlılık Grafiğine Göre Araştırılması. *European Journal of Science and Technology*, 19, 410-419. <https://doi.org/10.31590/ejosat.699099>
- Cantürk, İ., & Karabiber, F. (2016). A Machine Learning System for the Diagnosis of Parkinson's Disease from Speech Signals and Its Application to Multiple Speech Signal Types [journal article]. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 41(12), 5049-5059. <https://doi.org/10.1007/s13369-016-2206-3>
- Frenkel-Toledo, S., Giladi, N., Peretz, C., Herman, T., Gruendlinger, L., & Hausdorff, J. M. (2005). Effect of gait speed on gait rhythmicity in Parkinson's disease: variability of stride time and swing time respond differently. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 2(1), 23.
- Frenkel-Toledo, S., Giladi, N., Peretz, C., Herman, T., Gruendlinger, L., & Hausdorff, J. M. (2005). Treadmill walking as an external pacemaker to improve gait rhythm and stability in Parkinson's disease. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, 20(9), 1109-1114.
- Goldberger AL, A. L., Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PCh, Mark RG, Mietus JE, Moody GB, Peng C-K, Stanley HE. (2003). PhysioBank, PhysioToolkit, and

- PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. *Circulation*, *101*(23), e215-e220.
- Hausdorff, J. M., Lowenthal, J., Herman, T., Gruendlinger, L., Peretz, C., & Giladi, N. (2007). Rhythmic auditory stimulation modulates gait variability in Parkinson's disease. *European journal of neuroscience*, *26*(8), 2369-2375.
- Khatamino, P., Cantürk, İ., & Özyılmaz, L. (2018). A Deep Learning-CNN Based System for Medical Diagnosis: An Application on Parkinson's Disease Handwriting Drawings. 2018 6th International Conference on Control Engineering & Information Technology (CEIT),
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*,
- Pham, T. (2017). Fuzzy recurrence plots. *EPL (Europhysics Letters)*, *116*(5), 50008.
- Poewe, W., Seppi, K., Tanner, C. M., Halliday, G. M., Brundin, P., Volkman, J., Schrag, A.-E., & Lang, A. E. (2017). Parkinson disease. *Nature reviews Disease primers*, *3*(1), 1-21.
- Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., Erhan, D., Vanhoucke, V., & Rabinovich, A. (2015). Going deeper with convolutions. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*,
- Yogev, G., Giladi, N., Peretz, C., Springer, S., Simon, E. S., & Hausdorff, J. M. (2005). Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: which aspects of gait are attention demanding? *European journal of neuroscience*, *22*(5), 1248-1256.



# PLAKALARIN EĞİLME RİJİTLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**Fatih MESTAN**

ERBAB Ltd. Şti. Ar-Ge Merkezi

**Prof. Dr. Kadir ÇAVDAR**

Bursa Uludağ Üniversitesi

**ÖZET:** Yük taşıma amaçlı olarak inşa edilen konstrüksiyonlarda yapının eğilme rijitliği değeri hem yapının dayanımı hem de çökme değerleri açısından önem taşır. Yapının rijitliğinin yanı sıra hafif olması da bir başka beklentidir. Yapının rijitliğinin artırılması çalışmalarında malzemenin özelliğinin yetersiz kaldığı yerlerde kesit formunun etkisi kullanılmalıdır. Uygun kesitte seçilen plakalar aynı kütledeki benzer plakalara göre çok daha yüksek rijitlik değerlerine ulaşabilirler.

Bu çalışmada, eğilmeye çalışan sac plakalarda kullanılan değişik kesitlerin, plakanın toplam rijitliğini hangi oranlarda arttırabileceği araştırılmıştır. Farklı profiller kullanılarak eşit kütlede ama daha rijit plakalar elde etmek mümkündür. Aynı malzemeden yapılan ancak farklı kesit geometrisi sayesinde daha hafif olabilen plakalar otomotivden yapı sektörüne kadar kullanım bulmaktadır. Uygun plaka kesitinin seçiminde tasarımlara yardımcı olabilecek sonuçlar analiz programı ile elde edilmiş ve karşılaştırmalı tablolar verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** dayanım, eğilme, rijitlik, plaka, profil şekil etkisi

## Investigation of the Bending Rigidity the Plates

**ABSTRACT:** In constructions built for load-bearing purposes, the bending stiffness value of the structure is important in terms of both the strength of the structure and its collapse values. In addition to the rigidity of the structure, it is another expectation that it is light. The effect of the crosssection form should be used in places where the properties of the material are insufficient in increasing the stiffness of the structure. Plates selected with the appropriate crosssection can reach much higher stiffness values than similar plates of the same mass.

In this study, it was investigated at what rates different crosssections used in sheet plates trying to bend can increase the total stiffness of the plate.

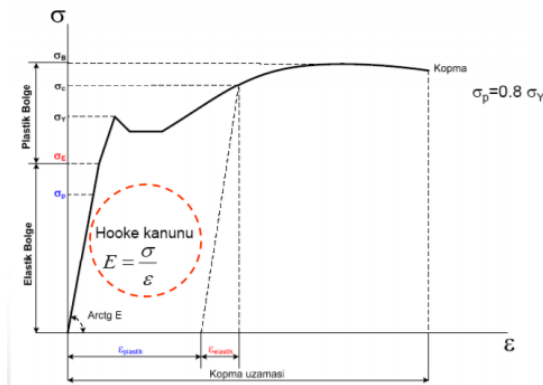
It is possible to obtain plates of equal mass but more rigid by using profiles which are different in its crosssection. Plates made of the same material but can be lighter thanks to different crosssection geometry find use in the automotive to the construction sector. The results that can help the designs in the selection of the appropriate plate section were obtained with the analysis program and comparative tables are given.

**Keywords:** strength, bending, rigidity, corrugated plates

## 1. Giriş

Malzemelerin rijitliği elastisite modülü (E) ile ifade edilir, Rijitlik, gerilmenin birim şekil değiştirmeye oranıdır, Şekil 1. Eleman rijitliği de elemana uygulanan maksimum yükün, bu yük altında elemanın yapacağı deplasmanın oranına eşittir. Otomotiv, beyaz eşya ve inşaat gibi birçok sektörde yapılan imalatlarda, yapı rijitliğinin aynı kalması (bazen daha da arttırılması) buna karşın toplam kütle azaltılması istenir.

Son yıllarda otomobillere birçok eleman güvenlik veya başka amaçlarla eklenmiş olduğundan oluşan kütle artışları, diğer elemanlar üzerinde alınan tedbirler sayesinde sağlanabilen kütle azalışları ile dengelenmeye çalışılmaktadır. Örneğin BMW 5 serisi bir otomobil 1970 yılında 1100 kg iken, eklenen özellikleri ile 1997’de 1400 kg’a ve 2020 yılında da 1680 kg’a ulaşmıştır. Ancak otomobil üzerinde, özellikle karoseri üzerinde alınan konstrüksiyonu hafifletme tedbirleri sayesinde otomobil üzerinde sağlanan kütle düşüşü 175 kg’dır [2]. Otomobilin toplam kütlelerinde sağlanan 100 kg azalmanın her 100 kilometrede 0,3–0,6 litre arasında yakıt tasarrufu sağladığı düşünülürse araçlardaki hafifletmelerin ne kadar önemli olduğu kolayca anlaşılacaktır.

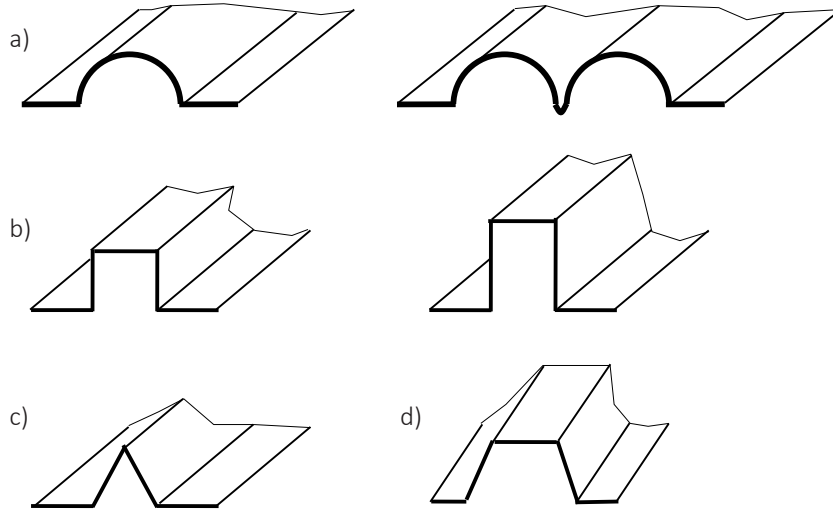


Şekil 1. Sünek malzemeler için gerilme-uzama diyagramı [1]

Tasarımcıların bildiği üzere; kütlesini fazla arttırmadan, bir plakanın rijitliğinin artırılması için aşağıdaki uygulamalar yapılabilir:

1. Plakanın kabuk (kubbe) formunda şekillendirilmesi
2. Yapının iç bölümlerde dış çıkıntılarının (kaburgaların) kullanılması
3. Profil kemerlerinin enine ve boyuna uygulanması
4. Büyük yüzeyler arasında boşluklar bırakılması
5. Kenarlarda güçlendirici büküm ve kıvrımların uygulanması
6. Metal köpüklerin ilave olarak büyük yüzeylere yapıştırılması

Plakalara uygulanabilecek değişik profillerden bazıları Şekil 2’de verilmiştir. Anizotropik (eşyönsüz) veya dalgalı yüzeyler (ondüralı) olarak da isimlendirilen bu plakalar günümüzde standart plaka olarak temin edilebilirler.



Şekil 2. Örnek profiller: a) Yuvarlak, b) Kutu, c) Üçgen, d) Trapez [3]

Literatürde plakalara verilen değişik profillerin plakanın rijitliğine etkisi üzerine bazı çalışmalar bulunabilir. Penga ve ark. (2007), rijitliği arttırmak için plakaya verilen sinüs ve trapez formuna sahip plakaların düz plakaya göre elastik eğilme davranış farkını incelemişlerdir. Analiz için Galerkin Metodu kullanılmış olup sonuçlar ANSYS paket programı ile yapılan analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada

temel olarak plakanın orta bölgesindeki maksimum yer değiştirme değerleri araştırılmıştır.

Pasini (2007) de çalışmasında kesit formlarının rijitlik değişimine etkisini incelemiş ve eğilme davranışında kesit şekillerini iyiden kötüye doğru sıralamıştır.

Literatürdeki araştırmalarda genellikle plakaların maksimum çökmeleri incelenmektedir. Buradaki mantık, az çökme değerine sahip plaka en rijit plakadır şeklinde özetlenebilir. Malzeme özelliklerinin değiştirilmesi ile rijitliğin arttırılmasından çok şekil (profil) değişimlerinin rijitliğe etkisi araştırmalara konu olmaktadır, Steinhilper ve Röper (1996), Merklein ve Geiger (2002), Zhang ve ark (2006).

Çalışmalarda genellikle plakaların sadece eğilmeye maruz kaldığı durumlar incelenmekte olup eğilmenin yanı sıra kesme gerilmelerinin de birlikte incelendiği durumlar mevcuttur, Heitmann ve Horst (2006). Lesnic (1999) ise kirişlerin rijitlik hesabında, deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar teorik bağıntı oluşturma amacı ile kullanmıştır. Zhou ve ark. (2019) da sıcaklığın etkisi ile rijitliğin değişimini incelemiştir. Son yıllarda kompozit plakalar üzerinde yapılan çalışmalar da görülmeye başlanmış ve literatüre girmiştir [13-14].

## 2. Materyal ve Yöntem

Hafif yapı tasarımı yapılmak istendiğinde, dış yüklerin türüne göre farklı isteklerle karşılaşılır. Bu nedenle, farklı hesap ve uygulamalara ihtiyaç duyulur. Temel olarak aşağıdaki gibi bir düşünce ve hesap uygun olacaktır:

- Rijitliğe göre tayin edilen yapı elemanları: Burada şekil değiştirmeler en az tutulmaya çalışılır!

$$\text{Elastisite modülü} \times \text{Rijitlik sayısı: } E \frac{A}{L} \text{ veya } E \frac{I}{L^3} \quad (A: \text{Alan-mm}^2, L:$$

Uzunluk- mm, I: Alan atalet momenti-mm<sup>4</sup>)

- Mukavemet hesaplarına göre tayin edilen yapı elemanları: Malzemenin kopma dayanımına göre boyutlandırma hesapları yapılır.

- Kritik yapı elemanları: Çentik oluşumu esnasında dayanılabilecek en büyük yük tekrar sayısı  $N_i = F(\sigma_{ai})$  ve çentik hızı  $da/dn = F(\Delta K_c)$  bu ömrü sınırlandırır.

- Enerjiyi sönmleyen yapı elemanları: Elastik/Plastik şekil değiştirme enerjilerine (iç enerji) göre tasarım.

- Özel uygulamalar: Profiller, form parçaları, sac parçalar, çerçeveler.

Bir yapının rijitliği

$$c = \frac{E \cdot A}{L} \quad (1)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada E: malzemenin elastisite modülü (N/mm<sup>2</sup>), A: Kesit alanı (mm<sup>2</sup>) ve L de uzunluk (mm)'dir. Ortasından etkiyen F kuvvetinin etkisi altında, eğilmeye zorlanan bir plakada tam ortada oluşan maksimum eğilme gerilmesi:

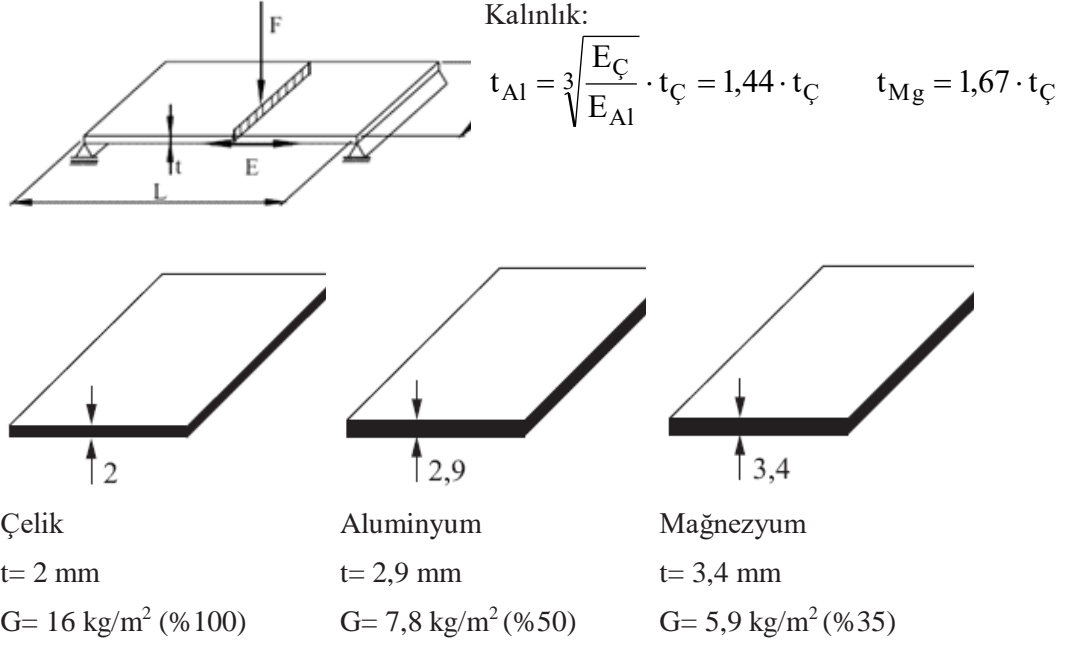
$$\sigma_{e \text{ maks}} = \frac{M_{e \text{ maks}}}{W_e} = \frac{F \cdot L}{I_e} e \quad (2)$$

yardımıyla basitçe hesaplanabilir. Burada; I<sub>e</sub>: Plakanın eksenel atalet momenti (mm<sup>4</sup>), W<sub>e</sub>: Plakanın mukavemet momenti (mm<sup>3</sup>) ve e: Kesitin ağırlık merkezine olan en uzak mesafesi (mm)'dir. Aynı şekilde plakanın tam orta noktasındaki maksimum çökme (sehim) de (kayma gerilmeleri ihmal edilmektedir):

$$f = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (3)$$

denklemleri ile bulunur (F: Etki eden kuvvet [N]). Görüldüğü gibi burada etkin olan parametre yine plakanın atalet momenti I'dır. Buna göre, eğilme gerilmesini ve sehim değerini küçültmek burada öncelikli amaç olduğundan, ağırlık merkezinden en uzak bölgede kütleyi yığmak atalet momenti değerini yukarıya çekecektir. Bu şekilde kesit alanı minimize edilirken (daha hafif yapı) atalet momenti maksimize edilecektir.

Plakanın farklı malzemeden imal edilmesi de hafiflik için bir seçenektir. Çelik, alüminyum ve magnezyum alaşımlarından imal edilmiş plakalar için aynı mukavemete sahip olma şartı ile kalınlık değerleri Şekil 3'te görülmektedir. Bir kamyonun taban sacı için düşünülen oluklu sac levhanın kütlede sağladığı kazanımlar ise Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3: Aynı mukavemete sahip Çelik, Al ve Mg plakaların kalınlık ve kütle değişimi [6]

	değeri	%	değeri	%
t [mm]	7,75	100	1	13
G [kg]	1,83	100	0,59	32

W [mm <sup>3</sup> ]	600	100	600	600
I [mm <sup>2</sup> ]	2330	100	4200	180
f <sub>maks</sub> [mm]	3,83	100	2,13	56

Şekil 3: Bir kamyonun taban sacında dikdörtgen formun düz plaka ile karşılaştırılması [6]

### 3. Araştırma Sonuçları

Sac konstrüksiyonlarda kullanılan dalgalı ve katlamalı formlar plakanın eğilme ve basıya karşı rijitliğini arttırmak için dalgalı plakalarda tek veya çift yönlü kapatacı düz plakalar kullanılabilir. İnce bir düz plakada genişlik arttıkça:

1. Aynı malzeme miktarında boyuna yöndeki rijitlik  $C_x = E \cdot \bar{t}$  sabit kalır.
2. Enine yöndeki rijitlik azalır.
3. Artan kırışık oranı ile kayma rijitliği karesel olarak düşer:

$$(Kırışıklık \rho_a = \frac{b_a}{b} \quad b_a : \text{Dalgalı alanın toplam genişliği, } b : \text{Plakanın genişliği})$$

Analiz çalışmasında ilk olarak düz plakaya göre yarım daire ve kare profillerin hangisinin rijitlik açısından daha üstün olduğu araştırılmıştır. Düz sac ve profilli saclar için bilgisayar modelleri hazırlanmış ve bu modellere aynı şartlarda yayılı yük uygulanmıştır (Şekil 4). Parametre seçimlerinde karşılaştırma işlemi amacıyla benzerliklere dikkat edilmiştir. Daha rijit olan plakanın daha az deformasyona uğrayacağı mantığı ile plakaların orta noktalarındaki maksimum yer değiştirmeler kaydedilmiştir. CATIA programı yardımıyla oluşturulan sonlu elemanlar modelinde “Octree Tetrahedron Mesher” elemanları kullanılmış ve bilgisayar analizi sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

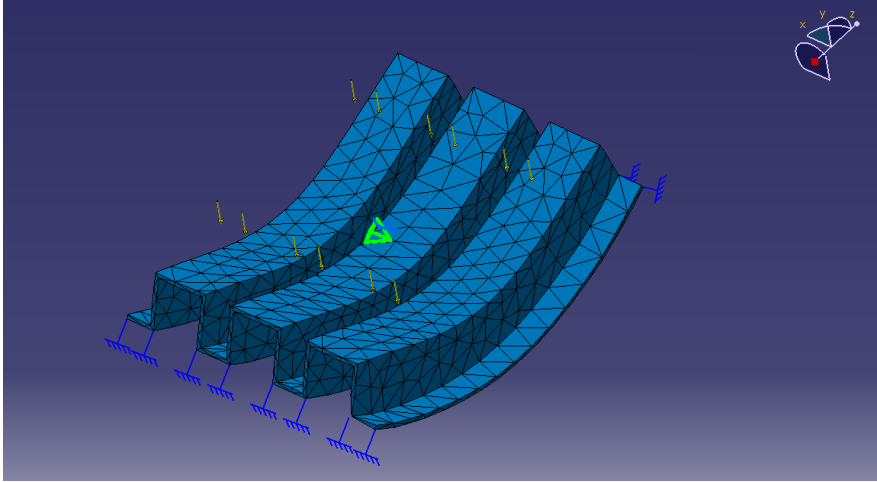
Tablo I incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Çapı değiştirilen bir daire profil ile aynı kütleyle sahip bir düz plaka incelendiğinde, daire profil düz plakaya göre rijitliği önemli oranda arttırmaktadır.
- Profilin çap değeri (a) büyüdükçe rijitlik farkı da artmaktadır.
- Çap  $a=25$  mm değerinde orta noktadaki deformasyon değerindeki azalma düz plakaya göre %85'e ulaşmaktadır.

Profilin plaka rijitliğini arttırdığı bu şekilde anlaşıldıktan sonra, farklı boyutlara sahip kare ve daire profil plakaların karşılaştırılması yapılmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır (burada referans profil olarak  $a=10$  mm olan daire profil ile aynı kütleyle sahip olan düz plaka alınmıştır):

- Kare profil her durumda daire profilden daha rijittir.
- a parametresi arttıkça plakanın rijitlik değerleri artmaktadır.
- a parametresi arttıkça plakalar arasındaki rijitlik oranı düşmektedir (5,5'ten 4,24'e).

Kare profilin en uygun profil olduğu ve profil yüksekliğinin rijitliği etkilediği anlaşıldıktan sonra araştırmalar kare profilin yüksekliğinin ve diğer parametrelerinin değiştirildiği dikdörtgen profile yönlendirilmiştir. Dikdörtgen profilin yükseklik a, genişlik b ve iki yükselti arası c parametreleri değiştirilmiştir. Bu değiştirme işleminde profilin iki parametresi sabit tutulmuş bir tanesi değiştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'de görülmektedir.



Şekil 4: Sonlu elemanlar analizi için kullanılan modele bir örnek [3]

Tablo 1. Değişik Profil Uygulamalarında Maksimum Deformasyon Değerleri [3] (analizler birim kalınlık için yapılmıştır)

a	Düz Sac (aynı kütle)		Yuvarlak Profil (aynı kütle)		Kare Profil		Yuvarlak Profil	
	En Büyük Sehim	% Değişim	En Büyük Sehim	% Değişim	En Büyük Sehim	% Değişim	En Büyük Sehim	% Değişim
10	<b>3,19.10<sup>-5</sup></b>	<b>100</b>	16,4.10 <sup>-6</sup>	51,4	3,93.10 <sup>-6</sup>	12,3	21,6.10 <sup>-6</sup>	67,7
15	2,31.10 <sup>-5</sup>	100	7,40.10 <sup>-6</sup>	32	1,80.10 <sup>-6</sup>	5,6	9,38.10 <sup>-6</sup>	29,4
20	1,73.10 <sup>-5</sup>	100	3,67.10 <sup>-6</sup>	21,2	1,13.10 <sup>-6</sup>	3,5	5,39.10 <sup>-6</sup>	16,9
25	1,37.10 <sup>-5</sup>	100	2,11.10 <sup>-6</sup>	15,4	0,80.10 <sup>-6</sup>	2,5	3,39.10 <sup>-6</sup>	10,6

Tablo 2. Dikdörtgen Profil için Analiz Sonuçları [3]

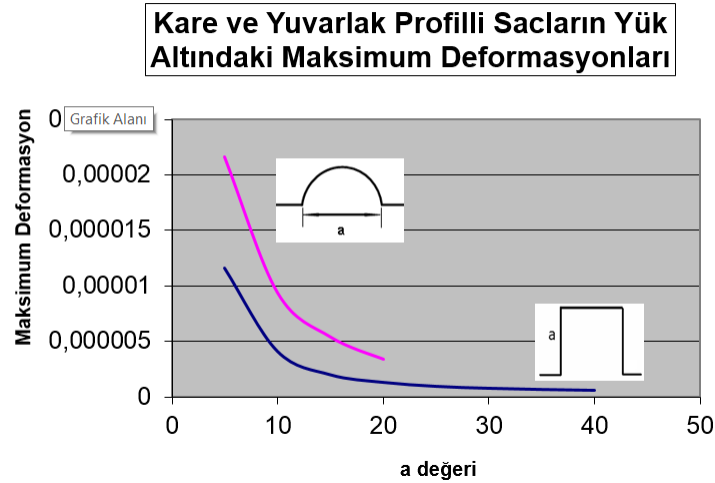
a değişkeni (b=c=10 mm)			b değişkeni (a=c=10 mm)			c değişkeni (a=b=10 mm)		
a	En Büyük Sehim	% Değişim	b	En Büyük Sehim	% Değişim	c	En Büyük Sehim	% Değişim
5	1,16E-05	100,00	5	5,31E-06	100,00	5	4,27E-06	100,00
10	<b>4,08E-06</b>	35,17	10	<b>4,08E-06</b>	76,84	10	<b>4,08E-06</b>	95,55
15	1,96E-06	16,90	15	3,42E-06	64,41	15	3,92E-06	91,80
20	1,27E-06	10,95	20	2,97E-06	55,93	20	3,85E-06	90,16
25	9,08E-07	7,83						
30	7,34E-07	6,33						
35	6,29E-07	5,42						
40	5,51E-07	4,75						

Tablo 2’de verilen analiz sonuçları incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

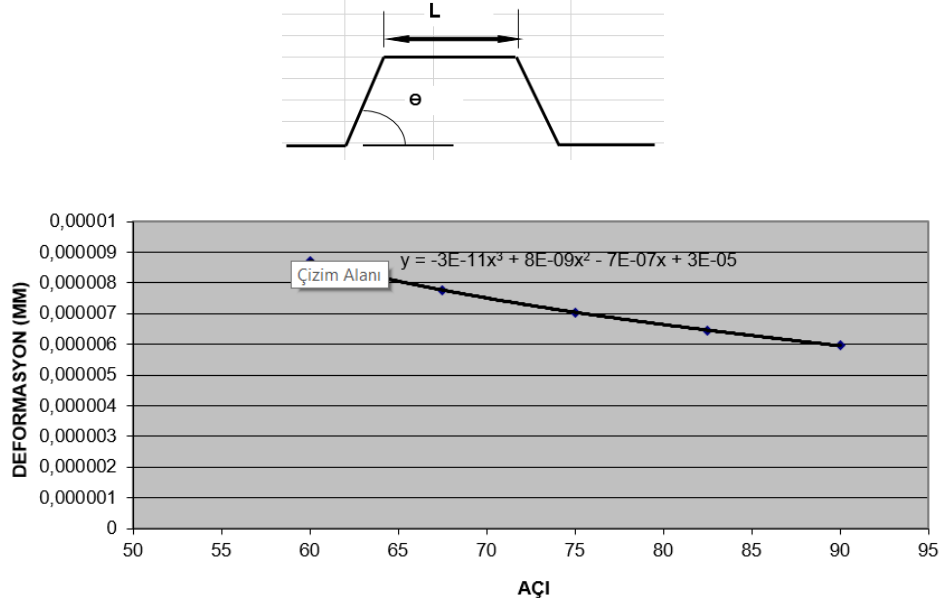
- Dikdörtgen profile sahip plakanın rijitliğini en çok etkileyen parametre profilin yüksekliği  $a$ ’dır.
- Profil yüksekliği  $a$  değeri 5 mm’den 40 mm’ye değiştirildiğinde sehimde %95 değerinde bir azalma (dolayısıyla rijitlikte artış) görülmektedir.
- $b$  parametresi  $c$ ’ye göre rijitlik artışında daha etkindir.
- $a$  parametresi arttıkça rijitliğin artış hızı azalmaktadır. Bu durum  $b$  ve  $c$  parametreleri için de geçerlidir.

Şekil 5.’te Kare ve Yuvarlak Profilli Sacların Yük Altındaki Maksimum Deformasyonları görülmektedir. Buna göre;  $a$  değeri 10 mm’nin üzerine çıktığına mukavemette kayda değer bir artış olmamaktadır. Bu nedenle genişlik ve yükseklik değerlerinin çok arttırılmaması gerekir.

Şekil 6.’da ise ondülalı olarak isimlendirilen profil için profilin açısı ( $\theta$ ) değeri ile deformasyonun değişimi verilmiştir. Açısı değeri büyüdükçe deformasyon da artmaktadır, yani rijitlik azalmaktadır. Açının  $60^\circ$  ve  $90^\circ$  değişimleri arasında %46’lık bir fark mevcuttur, yani  $60^\circ$ ’lik uygulamada  $90^\circ$ ’ye göre %46 daha rijit bir yapı elde edilmektedir.



Şekil 5. Kare ve Yuvarlak Profilli Sacların Yük Altındaki Maksimum Deformasyonları



Şekil 6. Ondülalı Profil için Açı ile Deformasyonun Değişimi

### 5. Sonuç

Bu çalışmada farklı değişik profile sahip plakaların eğilme rijitlikleri incelenmiştir. Profil malzemesi ve tipinin plakanın eğilme rijitliğini arttırdığı açık şekilde görülmekle birlikte profil kesit şeklinin de profilin toplam rijitlik artışında büyük bir etken olduğu kanıtlanmıştır. Seçilen profiller arasında, kare profilin daire profile daha üstün olduğu görülmüş olup profil yüksekliğinin de rijitliği arttırıcı bir parametre olduğu anlaşılmıştır. Ancak dikdörtgen profilin yüksekliği arttıkça rijitlik değerinin artış hızının azaldığı da sonuçlardan görülmektedir. Ondüla profil tabir edilen uygulamada ise profil açısının mukavemet üzerinde büyük bir etki sağlayabileceği anlaşılmıştır. Buradaki optimal açı değeri 60° olarak belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Çapacı, Z , Çavdar, K . (2008). Düz Ve Eşyönsüz Plakaların Eğilme Rijitliklerinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi . Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 13 (2), Retrieved from <https://dergipark.org.tr/pub/uumfd/issue/21679/233333>.
- Ekmekyapar, T., Al-Eliwi, B.J.M., Faraj, R.H., Gogus, M.T. and Al-Shaar, A.A.M. (2017), "Performance of lightweight aggregate and self compacted concrete filled steel tube columns", *Steel Compos. Struct., Int. J.*, 25(3), 299-314.
- Heitmann M., Horst P. (2006) A new analysis model for the effective stiffness of stiffened metallic panels under combined compression and shear stress, *Aero-space Science and Technology* 10,316–326.  
[http://www.okangungor.com.tr/wp-content/uploads/2013/05/MOMENT-EGRILIK-ILISKISI\\_KUTANIS.pdf](http://www.okangungor.com.tr/wp-content/uploads/2013/05/MOMENT-EGRILIK-ILISKISI_KUTANIS.pdf), Erişim Tarihi: 08/08/2020.
- Klein B. (2005) *Innovativ Konstruieren mit neuen Werkstoffen und Leichtbau*, Ders Notu, Uni Kassel.
- Lesnic D. (1999) Retrieving the flexural rigidity of a beam from deflection measurements, *Proceedings of 3icipe, 1999 ASME Inverse Problems in Engineering III*, June 13-18, Port Ludlow, Washington, USA.
- Merklein M, Geiger M (2002) New materials and production technologies for innovative lightweight constructions, *Journal of Materials Processing Technology* 125–126, 532–536.
- Pasini D. (2007) Shape transformers for material and shape selection of lightweight beams, *Materials & Design* 28, 2071-2079.
- Penga L.X., Liewb K.M., Kitipornchai S. (2007) Analysis of stiffened corrugated plates based on the FSDT via the mesh-free method, *International Journal of Mechanical Sciences* 49, 364–378.
- Qiao, W.T., An, Q., Wang, D. and Zhao, M.S. (2016), "Study on mechanical behaviors of cable-supported ribbed beam composite slab structure during construction phase", *Steel Compos. Struct., Int. J.*, 21(1), 177-194.  
<https://doi.org/10.12989/scs.2016.21.1.177>.
- Steinhilper W. Röper R. (1996) *Konstruktionselemente des Maschinenbaus*, Springer Lehrbuch.
- Wiedemann J. (1996) *Leichtbau, Band 1: Elemente*, Springer Verlag, Berlin.
- Zhang Z. ve ark. (2006) Lightweight design of automobile component using high strength steel based on dent resistance, *Materials and Design* 27, 64–68
- Zhou, H., Yi, B., Wang, J. et al. (2020) Preliminary investigation on plate bending with multiple-line induction heating. *J Mar Sci Technol* 25, 455–466.  
<https://doi.org/10.1007/s00773-019-00653-0>.

# BUCKLING ANALYSIS ON PLATES WITH DIFFERENT HOLE GEOMETRIES

**Filiz KARABUDAK**

Gümüşhane University

**Hamid ZAMANLOU**

Atatürk University

**ABSTRACT:** In this study, the buckling analysis of plates with different hole geometries in the middle was examined. The main purpose of the study is to compare the critical buckling coefficient values between plates by using different materials in plates with different hole geometries in the middle. The maximum total deformation that can occur under the critical buckling force of the analyzed plates and the required minimum safety coefficient have been examined. The results have been examined by making comparisons between the critical buckling force analyzed on the plates and the hole geometries. It has been worked with 3 materials: stainless steel, copper and aluminum. Finite element analysis of four non-perforated, round, square and hexagonal single-hole plates was performed. The material and hole geometry with the highest critical buckling force we sought in the analyzes were tried to be determined.

**Keywords:** Buckling analysis, Critical buckling force, Total deformation

## 1. INTRODUCTION

The science of strength is a science that studies the behavior of rigid bodies that can change shape. Two main issues are dealt with in order to be the stress problem and the stability (balance) problem. In the stress problem; It is desired that the stress values of the carrier system, which has a certain cross section under certain forces, do not exceed the safe stress coefficient depending on the material of the carrier system (Moen & Schafer, 2009). In the balance problem, the sought element is the forces that cause multiple distortion of the loaded system. If the system is unstable in the state of equilibrium, a very small change resulting from this situation will cause very large or fundamental shape changes in the system (Schlack, 1964).. That is,

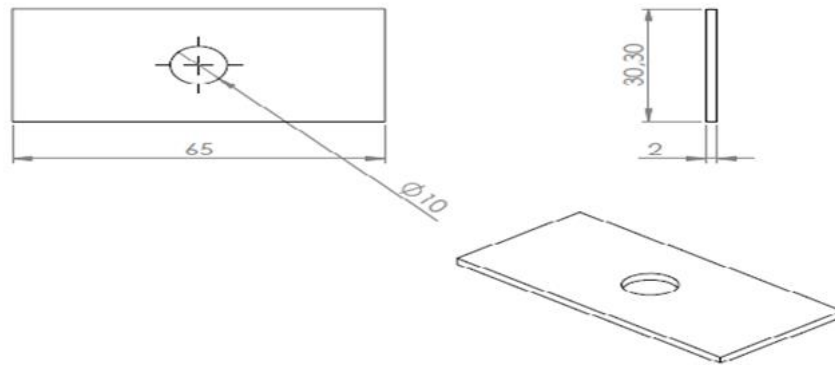
excessive stresses in the stress problem; In the stability problem, the instability of the equilibrium position makes the element unusable. A critical buckling force that provides stable equilibrium in the system is mentioned. It is always desirable that the load arising in the system is less than or at most equal to this critical buckling force. In theory, the force occurring in the system is never desired and is undesirable to be equal to the critical buckling load (Benguediab, Kettaf, & Benguediab, 2017)

Buckling, which is one of the important problems in engineering design today, used to be too cared for by construction and machine elements (Akbulut , Gundogdu , & Sengül , 2010). The reason was that the strength of the materials available at that time was low, and as a result, the cross-sectional areas of the building and machine elements were made large. This has led to engineering structures that are resistant to buckling but are economical and unpleasant to the eye (Mohammadzadeh & Noh, 2016). In the course of time, with the use of high-strength steels in the structure and machine elements, the cross-sectional areas of the samples have also shrunk. In addition to getting rid of large and heavy elements, the narrowing of the section area has revealed the disadvantage that there may be much simpler buckling in the elements. That's why sprains have gained importance toda (Kawai & Ohtsubo, 1968) (Hassan & Kurgan, 2019)

The aim of our study is to find the behavior of plates in different hole shapes and different materials against the force or forces we apply to plates with different hole geometries in the middle, and to find out the critical buckling force that occurs with this and compare it between plates. First of all, the results obtained by analyzing the plates with different sizes of solid models in the SOLID solid model program in ANSYS software with the finite element method will be examined.

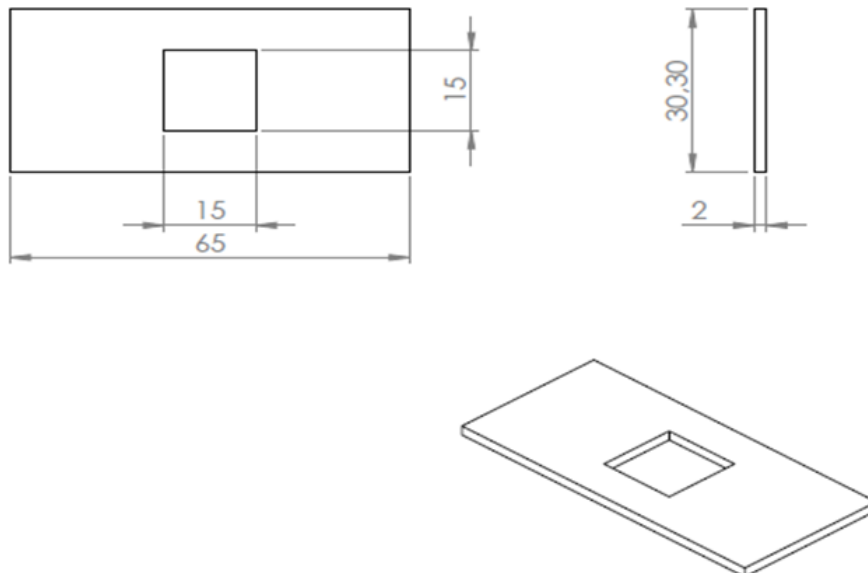
### 3.EXPERIMENTAL PROCEDURES

In Figure 1, the solid model of the plate with 65 \* 30,30 \* 2 mm dimensions and a 10 mm diameter round hole in the middle was obtained in Solidworks software.



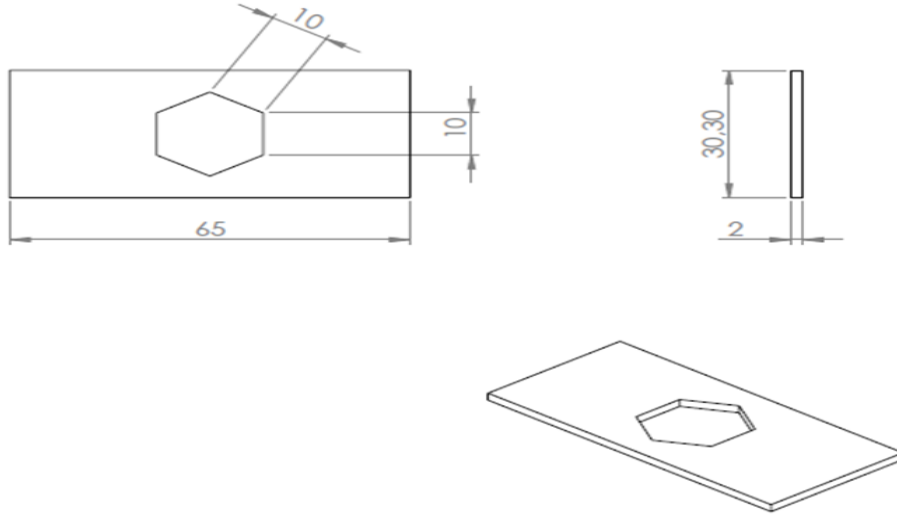
**Figure 1.**Plate solid model with a round hole in the middle

In Figure 2, the solid model of the plate with a size of 65 \* 30,30 \* 2 mm and a 15 \* 15 mm square hole in the middle was obtained in Solidworks software.



**Figure 2.**Plate solid model with a square hole in the middle

In Figure 3, the solid model of the plate with a size of 65 \* 30,30 \* 2 mm and a hexagonal hole of 10 \* 10 mm in the middle was obtained in Solidworks software.



**Figure 3.**Plate solid model with three different hole geometries in the middle

During the buckling analysis of our plates, three different materials were evaluated: stainless steel, copper alloy and aluminum alloy. Ansys library and Solidworks material tree were used for the mechanical properties of the materials used in the analysis. The mechanical properties of our materials are given in Table 1., Table 2. and Table 3.

**Table 1.** Mechanical properties of stainless steel material (Erdoğan, 2000)

Elasticity module	193 GPa
Poisson ratio	0.31
Density	7750 kg/m <sup>3</sup>
Yield strength	207 MPa
Compressive strength	207 MPa
Torsional modulus	169 GPa

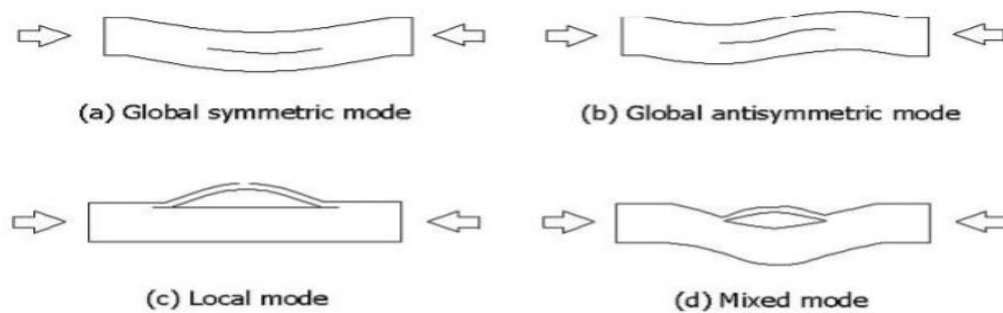
**Table 2.** Mechanical properties of aluminum alloy (Erdoğan, 2000)

Elasticity module	71 GPa
Poisson ratio	0.33
Density	2770 kg/m <sup>3</sup>
Yield strength	280 MPa
Compressive strength	280 MPa
Torsional modulus	69.608 GPa

**Table 3.** Mechanical properties of copper alloy (Erdoğan, 2000)

Elasticity module	40.51 GPa
Poisson ratio	0.22
Density	2540 kg/m <sup>3</sup>
Yield strength	280 MPa
Compressive strength	750 MPa
Torsional modulus	24.113 GPa

4 buckling modes that will occur under the pressure force to be applied to the plates are shown in Figure 4.



**Figure 4.** Buckling modes (Zor, ŞEN, & Toygar, 2005) (Deniz, 2017)

Solid models obtained in SOLIDWORKS software were transferred to ANSYS software for finite element buckling analysis of four plates with no holes, round, square and hexagonal holes. For each plate, 3 different materials were assigned as stainless steel, copper and aluminum. Burkulma analizinde en önemli parametre kritik burkulma katsayısıdır. Kritik burkulma katsayı 1'e eşit olduğunda burkulmanın başladığı anlaşılır.

First, by applying a certain pressure force of 250 N to each plate, the critical buckling coefficient, safety coefficient, total deformation and equivalent Von-Mises stress of the system under this force were determined. Then, the force was gradually increased until the critical buckling coefficient reached the closest value to 1. Since the force is increased gradually, it is possible to see the stresses and deformations that may occur in the forces in that range.

Plates transferred to ANSYS software were fixed unidirectionally with "Fixed Support" and then loaded in the opposite direction with an initial compression load of 250 N. Von-mises stress and total deformation analysis were made for analysis. After the first applied force is assigned as a parametric value, the critical buckling coefficient is requested with the load change, and the stress and strain values change simultaneously with the changing load. Critical buckling force, safety coefficient, equivalent Von-Mises stress and deformation values were found by clicking on the parameter set after the material assignment was made. This process is repeated for stainless steel, aluminum and copper material non-perforated, circular, square and hexagonal perforated plates.

## 4.RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. Buckling Analysis in Non-perforated Plates

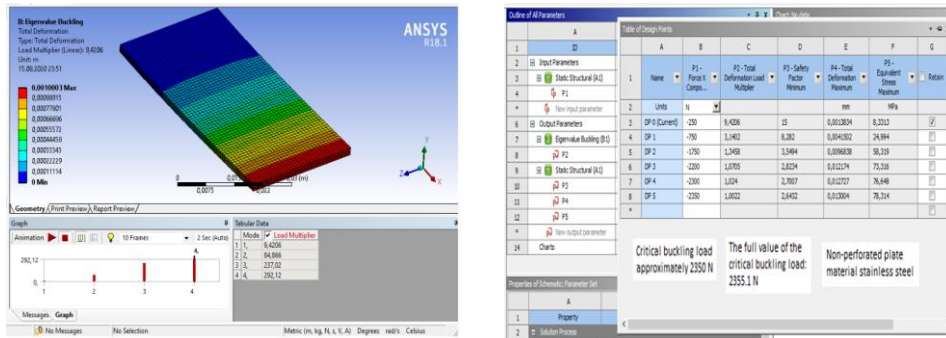


Figure 5. Determination of critical buckling load on stainless steel non-perforated plates

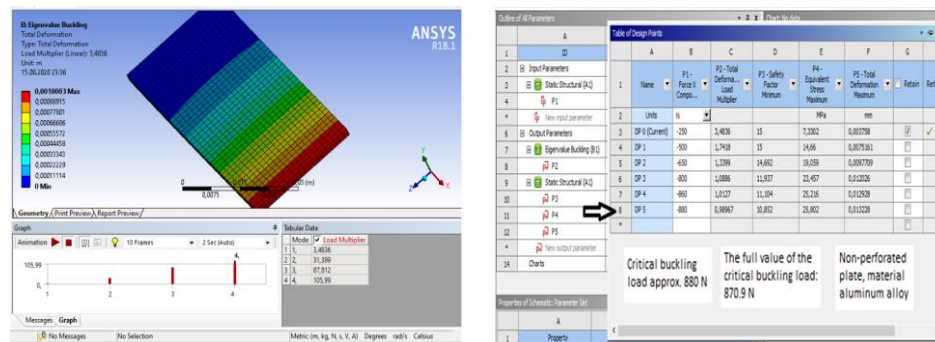


Figure 6. Determination of critical buckling load in aluminum non-perforated plates

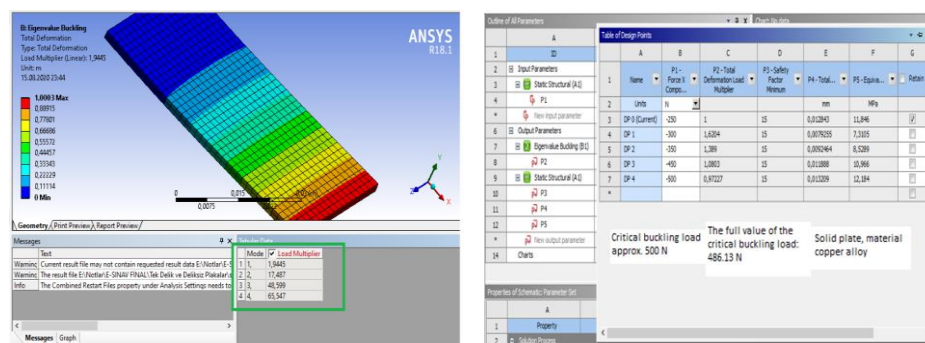


Figure 7. Determination of critical buckling load in copper non-perforated plates

### 3.2. Buckling Analysis of Circular Perforated Plates

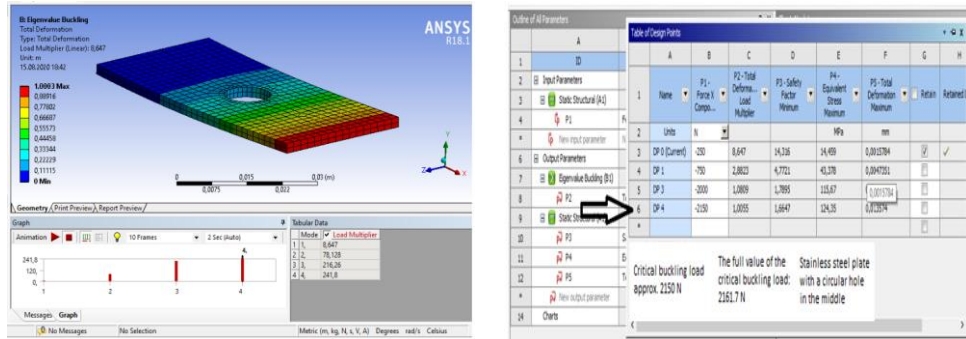


Figure 8. Determination of critical buckling load on stainless steel circular perforated plates

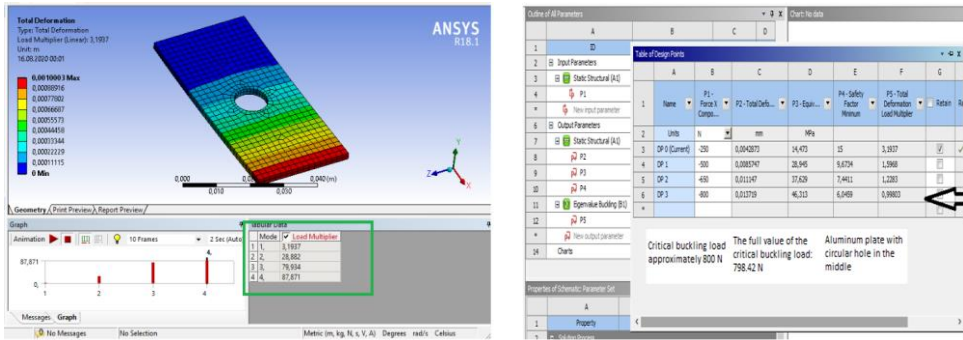


Figure 9. Determination of critical buckling load on aluminum circular perforated plates

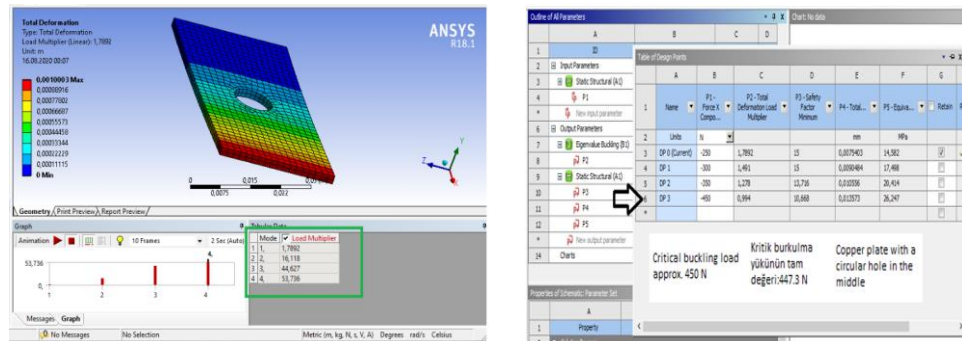
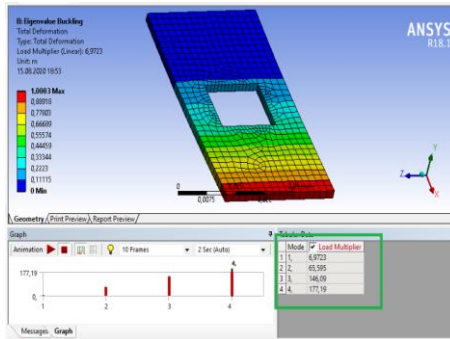


Figure 10. Determination of critical buckling load on copper circular perforated plates

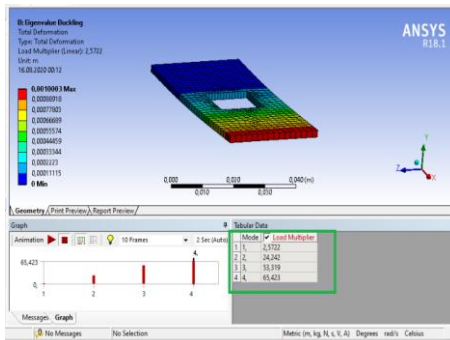
## Buckling Analysis on Plates With Different Hole Geometries



Outline of All Parameters		Table of Output Parameters							
ID	Name	A	B	C	D	E	F	G	H
1	DP1 (Current)	-250	6,9702	15	13,454	0,002792			
2	DP2	-170	2,2243	5,1286	40,382	0,002327			
3	DP3	-150	0,9954	2,108	94,178	0,014527			
4	DP4	-100	1,82	2,943	80,74	0,012461			

Critical buckling load approximately 1750 N      The full value of the critical buckling load 1743.1 N      Stainless steel plate with a square hole in the middle

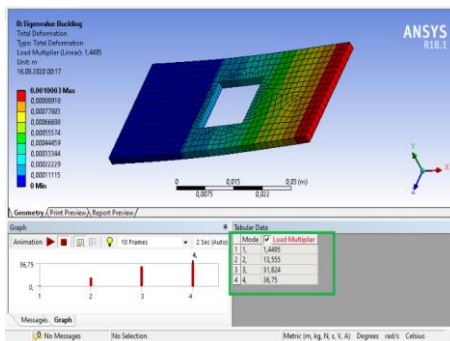
**Figure 11.** Determination of critical buckling load on stainless steel square perforated plates



Outline of All Parameters		Table of Output Parameters							
ID	Name	A	B	C	D	E	F	G	H
1	DP1 (Current)	-250	2,5222	15	13,589	0,059386			
2	DP2	-600	1,2861	10,363	27,618	0,012277			
3	DP3	-400	0,8803	7,8719	35,123	0,01466			
4	DP4	-600	1,0717	6,882	32,42	0,012033			
5	DP5	-440	1,0048	8,885	34,583	0,014425			

Critical buckling load approx. 640 N      The full value of the critical buckling load: 643.94 N      Aluminum plate with a square hole in the middle

**Figure 12.** Determination of critical buckling load in aluminum square perforated plates



Outline of All Parameters		Table of Output Parameters							
ID	Name	A	B	C	D	E	F	G	H
1	DP1 (Current)	-250	1,4465	15	0,889021	13,237			
2	DP2	-300	1,3078	15	0,01882	15,884			
3	DP3	-225	1,115	15	0,012073	17,208			
4	DP4	-250	1,033	15	0,012863	18,532			
5	DP5	-355	1,028	14,886	0,014051	18,797			
6	DP6	-365	0,9528	14,488	0,014467	19,228			

Critical buckling load approx 365 N      The full value of the critical buckling load 362.37 N      Copper plate with a square hole in the middle

**Figure 13.** Determination of critical buckling load in copper square hole plates

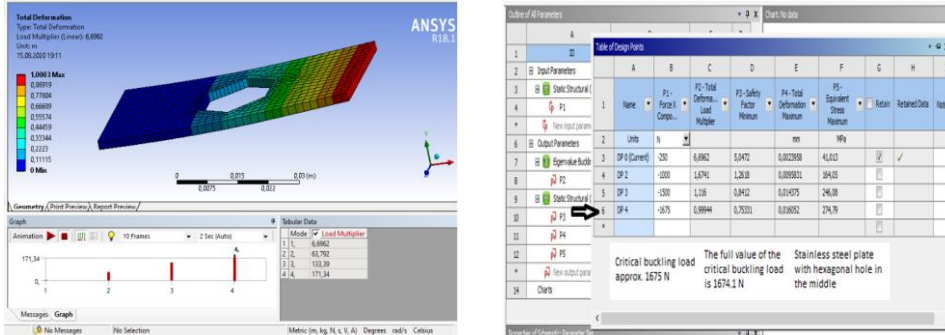


Figure 14. Determination of critical buckling load on stainless steel hexagonal perforated plates

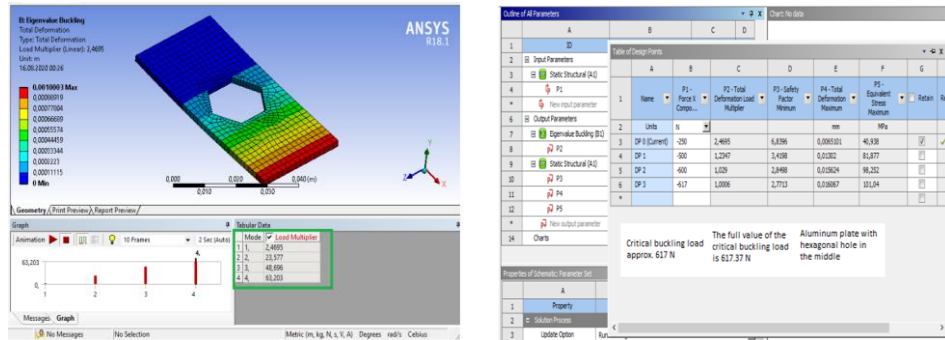


Figure 15. Determination of critical buckling load on aluminum hexagonal perforated plates

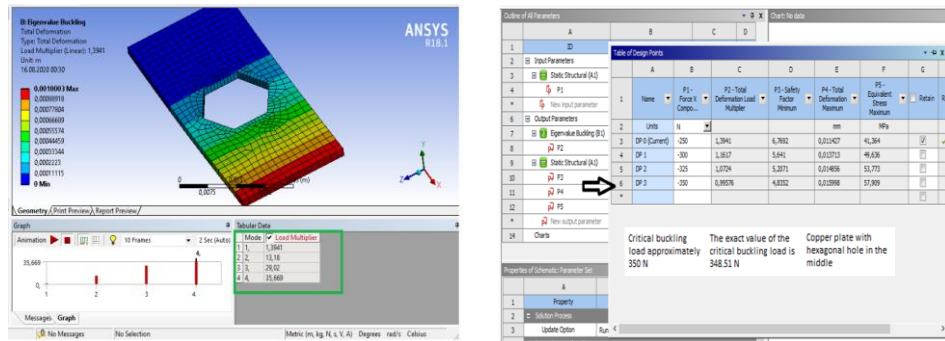


Figure 16. Determination of critical buckling load on copper hexagonal perforated plates

As given on the above figures, the full value of the critical buckling load was found for all materials and plates. The plate will be buckled at all loads above this

value. Buckling analysis data, including buckling chyric load of plates, equivalent Von-Mises stress and total deformation, are given in Table 4.

**Table 4.** Data obtained as a result of the buckling analysis

Plate	Non-perforated Plate			Circular Perforated Plate		
Material	Buckling load (N)	Total Deformation (mm)	Von-Mises Stress (MPa)	Buckling load (N)	Total Deformation (mm)	Von-Mises Stress (MPa)
Stainless Steel (E = 193 GPa)	2355,1	0,013004	78,314	2161,7	0,013574	124,35
Aluminum (E = 71 GPa)	870,9	0,013228	25,802	798,42	0,013719	46,313
Copper (40.51 GPa)	486,13	0,013209	12,184	447,3	0,013573	26,247
Plate	Square Perforated Plate			Hexagonal Perforated Plate		
Material	Buckling load (N)	Total Deformation (mm)	Von-Mises Stress (MPa)	Buckling load (N)	Total Deformation (mm)	Von-Mises Stress (MPa)
Stainless Steel (E = 193 GPa)	1743,1	0,014527	94,178	1674,1	0,016052	274,79
Aluminum (E = 71 GPa)	643,04	0,014435	34,583	617,37	0,016067	101,04
Copper (40.51 GPa)	362,37	0,014457	19,326	348,51	0,015998	57,909

## 5. CONCLUSION

Various parameters are important in determining the critical buckling force, including the material used, the hole on the plate and its size. In line with the results obtained in Table 4, the buckling strength of the non-perforated plate stainless steel material with an elasticity module of 193 GPa is higher than that of Aluminum ( $E = 71$  GPa) and copper ( $E = 40.51$  GPa). As expected, the torsion strength of the stainless steel material has a higher value than copper and aluminum, as the modulus of elasticity is higher. As the force lines in circular perforated plates are less than square hole and hexagonal perforated plates, the strength against buckling is higher because the stress concentration is less. In case of a decrease in the stiffness of the plate and the sharpening of the hole shape and lines, the strength against buckling decreases.

## REFERENCES

- Akbulut , H., Gundogdu , O., & Sengül , M. (2010). Buckling behaviors of laminated composite stepped flat columns. *Finite Elements in Analysis and Design*, 46, 1061-1067.
- Benguediab, S., Kettaf, F., & Benguediab, M. (2017). Buckling of Rectangular Plates with Different Central Holes. *Mechanics and Mechanical Engineering*, 24(4), 885-895.
- Deniz, M. (2017). Ortasında delik bulunan eğrisel yüzeyli kompozit plakların burkulma davranışı. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 8(1), 203-212.
- Erdoğan, M. (2000). *Mühendislik Alaşımalarının Yapı ve Özellikleri* (Cilt 1). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Hassan, A., & Kurgan, N. (2019). Modeling and Buckling Analysis of Rectangular Plates in ANSYS. *International Journal of Engineering & Applied Sciences (IJEAS)*, 310-329.
- Kawai, T., & Ohtsubo, H. (1968). Method of Solution for the Complicated Buckling Problems of Elastic Plates With Combined Use of Rayleigh-Ritz's Procedure in the Finite Element Method. *AFFDLTR*, 68-150.
- Moen, C., & Schafer, B. (2009). Elastic buckling of thin plates with holes in compression or bending. *Thin-Walled Structures*, 47(12), 1597-1607.

- Mohammadzadeh, B., & Noh, H. (2016). Investigation into buckling coefficients of plates with holes considering variation of hole size and plate thickness. *Mechanika*.
- Schlack, A. (1964). Elastic stability of pierced square plates. *Experimental Mechanics*, 167–172.
- Zor, M., ŞEN, F., & Toygar, M. (2005). An Investigation of Square Delamination Effects on the Buckling Behavior of Laminated Composite Plates with a Square Hole by using Three-dimensional FEM Analysis. *Journal of REINFORCED PLASTICS AND COMPOSITES*, 24(11).



# YÜKSEK ENERJİLİ MEKANİK ALAŞIMLAMA SÜRESİNİN ALÜMİNYUM MATRİSLİ KOMPOZİTE ETKİSİ

**Araştırmacı Göksel BEHRET**

Erciyes Üniversitesi

**Doç. Dr. Veysel ERTURUN**

Erciyes Üniversitesi

**ÖZET:** Özellikle hafiflik ve yüksek mukavemet gerektiren havacılık ve uzay sanayi gibi sektörlerde çekme, basma ve aşınma kuvvetlerine dayanabilen yeni nesil malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen kompozitin, bu ihtiyacı karşılayabilmesi beklenmektedir.

Çalışmamızda spex tarzda hareket eden ve yüksek frekansla daha kısa sürede mekanik alaşımlama (MA) yapabilen Retsch MM 400 bilyeli öğütücü kullanılarak, alüminyum esaslı kompozit malzeme üretilmiştir. Alaşımlama işleminde alüminyum tozu içerisine çinko, magnezyum, bakır ve silisyum karbür tozları ilave edilerek farklı 3 sürede (0-45-90 dk.) MA işlemi yapılmıştır. Çalışmada yüksek enerjili MA ile elde edilen toz alaşımların bir miktarı mikro yapı incelemesi için ayrılmış ve alaşımlama sonrası mikro yapı ve kristal boyutlar incelenmiştir. Tozların kalan kısmı sinterlenerek silindirik numuneler üretilmiştir. Üretilen silindirik numunelerin ise sertlik testleri yapılmıştır.

Yapılan mikro yapı analizleri sonucunda kristal boyutun alaşımlama süresinin artması ile azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan sertlik testlerine göre alaşımlama süresi 45 dakika olan numune en yüksek sertlik değerinde, 90 dakika olan numune ise en düşük sertlik değerinde gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mekanik alaşımlama, bilyeli öğütme, kristal boyut, kompozit malzeme

## The Effect of High Energy Mechanical Alloying Time on Aluminum Matrix Composite

**ABSTRACT:** New generation materials that can withstand tensile, compression and abrasion forces are needed, especially in sectors such as the aviation and aerospace industries, which require lightness and high strength. The composite obtained as a result of the study is expected to meet this need.

In our study, aluminum based composite material was produced by using Retsch MM 400 ball mill that moves in spex style and can perform mechanical alloying (MA) in a shorter time with high frequency. In the alloying process, zinc, magnesium, copper and silicon carbide powders were added to the aluminum powder and MA process was performed in 3 different times (0-45-90 min.). In the study, some of the powder alloys obtained with high energy MA were separated for microstructure analysis and microstructure and crystal dimensions were examined after alloying. The remaining part of the powders were sintered and cylindrical samples were produced. The hardness tests of the produced cylindrical samples were made.

As a result of the microstructure analysis, it was observed that the crystal size decreased with increasing alloying time. In addition, according to the hardness tests, the sample with an alloying time of 45 minutes was observed at the highest hardness value, and the sample with a 90 minutes was observed at the lowest hardness value.

**Keywords:** Mechanical alloying, ball milling, crystal size, composite material

## 1. GİRİŞ

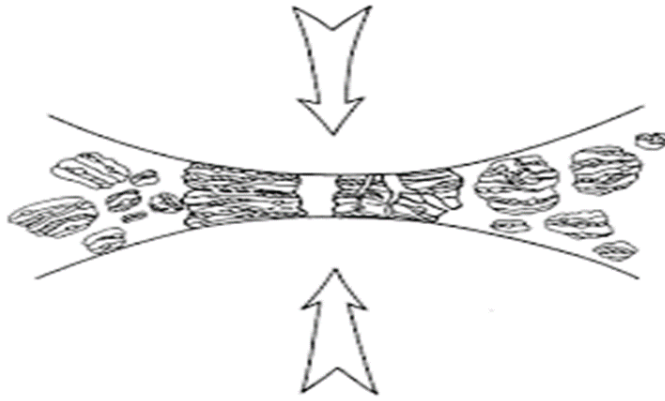
### 1.1. Genel Bilgiler ve Literatür Çalışması

Kompozit malzeme, iki veya daha fazla farklı yapıda malzemenin makroskobik seviyede ve birbirleri içinde çözünmeyecek şekilde birleştirilmesiyle meydana gelmekte olup, matris malzemesine göre; polimer matrisli, seramik matrisli ve metal matrisli kompozitler (MMK) şeklinde sınıflandırılmaktadır (Pul, 2010:20). Metal matris kompozitlerde matris malzeme olarak kullanılan malzemelerden olan alüminyum, demirden sonra dünyada en çok tüketilen madendir. Alüminyumun yoğun bir şekilde kullanılması, yumuşaklığından, hafifliğinden, iyi bir ısı ve elektrik iletkeni olmasından kaynaklanmaktadır. Günümüzde alüminyum ve alaşımları, havacılık ve uzay sanayi, otomotiv sanayi ve inşaat sektörü gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Tjong, 2013:292; Geim ve Novoselov, 2007:185).

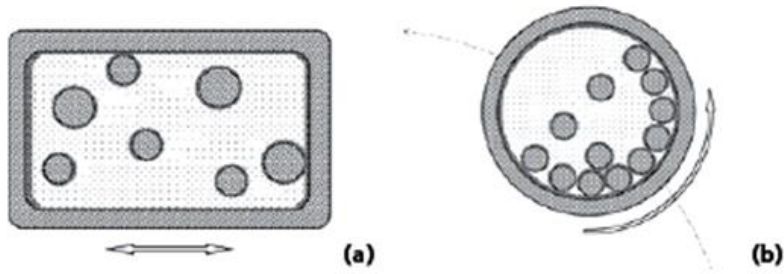
Metal matrisli kompozitlerin üretiminde kullanılan yöntemlerden biri olan mekanik alaşımlama (MA), toz halindeki malzemelerden, homojen yeni bir malzeme üretimine imkân veren bir alaşımlama tekniğidir. MA yönteminde kapalı bir hazne içerisine atılan tozlar ile birlikte çelik bilyeler, haznenin çalkalanmaya başlamasıyla birlikte birbirlerine çarpmaya başlamaktadır (Şekil 1.2.). Bu çarpışmaların etkisiyle

bilyeler arasındaki tozlar sürekli olarak maruz kaldıkları darbeden kaynaklanan basıncın etkisiyle birbirlerine yapışacaklar sonrasında yine birbirlerinden ayrılacaklardır (Oztaş vd., 2011:25).

Şekil 1.1. MA İşleminde Çelik Bilye ve Metal Tozlarının Çarpışma Evreleri (Suryanarayana, 2001).



Şekil 1.2. Spex Tarzı (A) Ve Döndürerek (B) MA Yapan Bilyeli Öğütme Cihazlarında Toz Bilye Etkileşimi ([www.sigmaldrich.com](http://www.sigmaldrich.com), 2020).



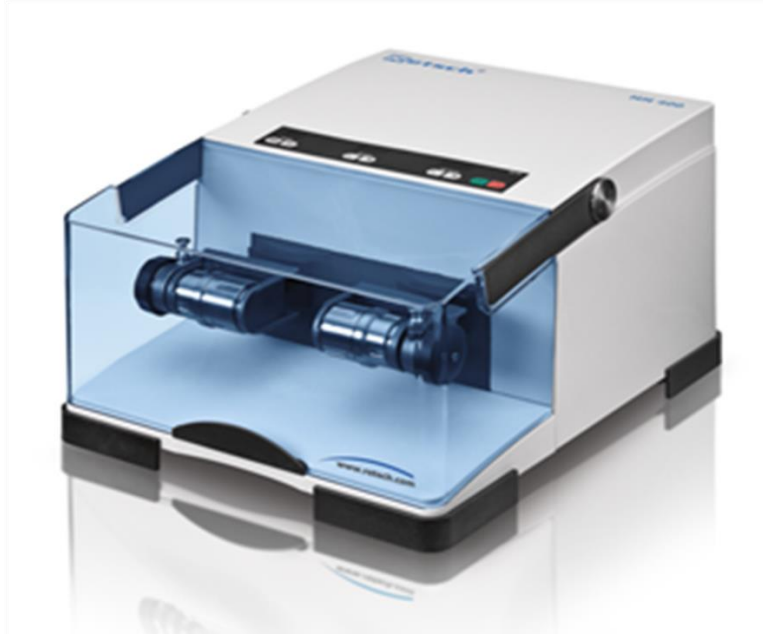
MA işleminden sonra birbiriyle mekanik birleşme oluşturan malzeme tozlarının zayıf olan kafes bağ yapılarını güçlendirmek için sinterleme işlemi yapılır.

Sinterleme işlemi, toz parçacıklarına belirli bir basınç altında ergime noktasının altındaki bir sıcaklığa kadar ısıl işlem uygulanmasına ve tozların birbirine değdikleri noktadan kaynaşmasıyla birlikte istenilen bütünlüğün oluşmasını sağlayan işlemdir (German, 2007:48).

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmamızda spex tarzda hareket eden ve yüksek frekansla daha kısa sürede mekanik alaşımlama (MA) yapabilen Retsch MM 400 bilyeli öğütücü kullanılarak, alüminyum esaslı kompozit malzeme üretilmiştir (Şekil 2.1.). Alaşımlama işleminde alüminyum tozu içerisine çinko, magnezyum, bakır ve silisyum karbür tozları ilave edilerek farklı 3 sürede (0-45-90 dk.) MA işlemi yapılmıştır.

Şekil 2.1. Çalkalayarak MA Yapan Titreşimli Retsch MM400 Öğütücü ([www.retsch.com.tr](http://www.retsch.com.tr), 2020).



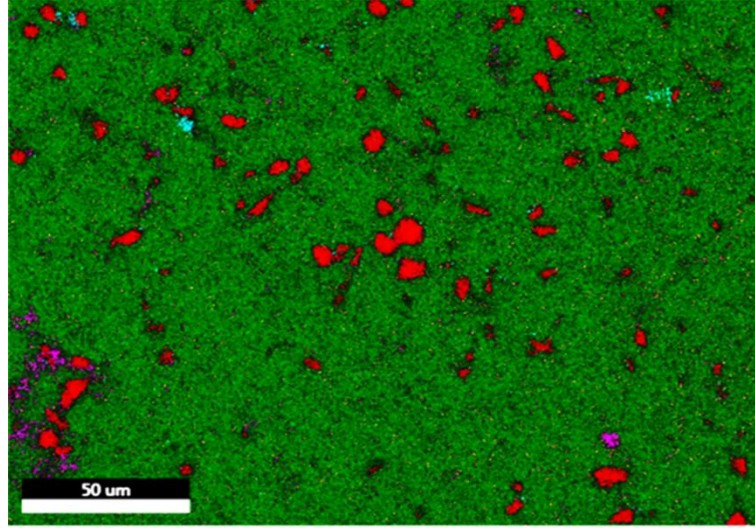
10 gramlık çalışma malzememizin ağırlıkça toz karışım miktarları şu şekildedir:

Al : %85      Zn : %5Mg : %3      Cu : %2      SiC : %5

MA işlemi yapıldıktan sonra 3 farklı toz karışımından birer miktar alınarak taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve optik mikroskop (OM) görüntüleri incelenmiş ve tozların kristal boyutları değerlendirilmiştir.

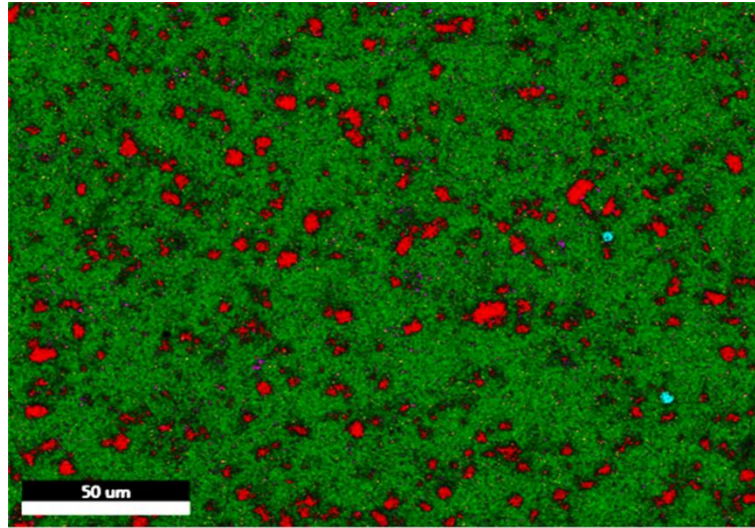
MA işlemi sonrası taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri incelendiğinde alaşımlama süresine bağlı olarak homojen dağılım ve kristal boyutta küçülme görülmüştür.

Şekil 2.2. Alaşımlanmamış Tozlar (90 dk)



■ Mg ■ SiC ■ Cu ■ Zn

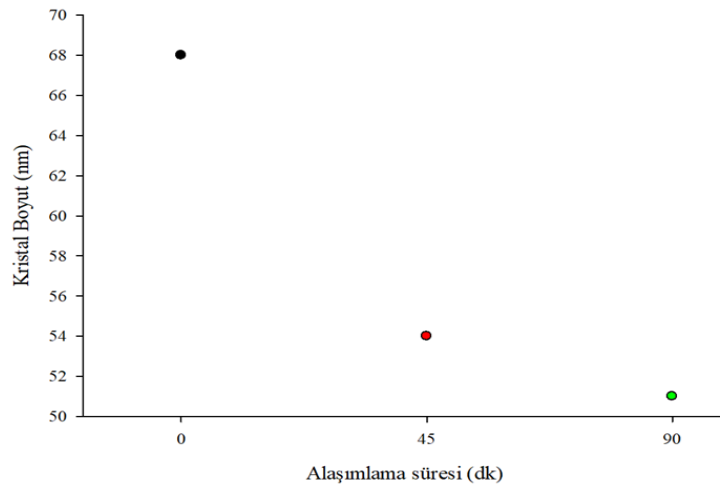
Şekil 2.3. 90 dk Alaşımlanmış Tozlar



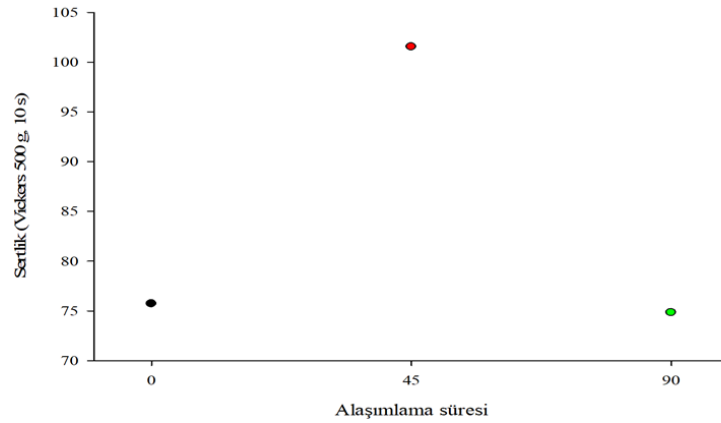
■ Mg ■ SiC ■ Cu ■ Zn

Tozlar 0-45-90 dakikalık 3 farklı sürede MA yapıldıktan sonra preste 600 derece sıcaklık ve 200 Mpa basınç altında sinterlenmiş ve 3 farklı numune üretilmiştir. Sinterlenen numunelere daha sonrasında sertlik testleri yapılmış ve MA süresinin sertliğe etkisi araştırılmıştır.

Grafik 2.1. MA Süresinin Kristal Boyuta Etkisi



Grafik 2.2. MA Süresinin Sertliğe Etkisi



### 3. SONUÇLAR

Yapılan mikro yapı analizleri sonucunda MA süresindeki artış, alüminyum matrisli kompozit malzemelerin mikro yapıları üzerinde olumlu etkileri görülmüştür. Kristal boyutun alaşım süresinin artması ile azaldığı gözlemlenmiştir.

Ayrıca yapılan sertlik testlerine göre alaşım süresi 45 dakika olan numune en yüksek sertlik değerinde, 90 dakika olan numune ise en düşük sertlik değerinde gözlemlenmiştir.

### TEŞEKKÜR

Erciyes Üniversitesine (Proje No: FYL 2020 10093) bu çalışmanın oluşumunda ve devamında vermiş olduğu destekler için teşekkür ederiz.

### KAYNAKLAR

- Geim, A.K., Novoselov, K.S.** 2007. “ The Rise of Graphene ”. *Nature Materials*, 6, 183–191.
- German, R.M.** 2007. *Toz Metalurjisi ve Parçacıklı Malzeme İşlemleri*. Ankara: Uyum Ajans.  
<https://www.retsched.com.tr> (Erişim Tarihi: Eylül 2020)  
<https://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/material-matters/self-propagating-reactions.html> (Erişim Tarihi: Eylül 2020)
- Oztas, M.K., Sarıkan, B., Ubeyli, M., Camus, N., Keles, O.** 2011.” Production of the functionally gradient material based on an aluminum alloy ”. The eleventh international scientifically-practical conference, Saint Petersburg, Russian Federation. 283–5.
- Pul, M.** 2010. “ Al Matrisli MgO Takviyeli Kompozitlerin İnfiltrasyon Yöntemi ile Üretilmesi ve İşlenebilirliğinin Değerlendirilmesi ”. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Suryanarayana, C.** 2001. " Mechanical alloying and milling". *Progress in Materials Science*. 46, 1-184
- Tjong, S. C.** 2013. “ Recent Progress in the Development and Properties of Novel Metal Matrix Nanocomposites Reinforced with Carbon Nanotubes and Graphene Nanosheets ”. *Materials Science and Engineering*, 74, 281–350.



# CEVİZ ATIĞI KULLANIMI İLE ZEMİN DAYANIMININ ARTTIRILMASI

**Hazal Berrak GENÇDAL (Msc)**

İstanbul Kültür Üniversitesi

**Dr. Zülal AKBAY ARAMA (PhD)**

Istanbul University – Cerrahpaşa, Civil Eng. Dept.

**ÖZET:** Günümüzde dünya, doğal tüketim ve üretim kaynaklarının hızla azalması, atıkların artması ve atıkların depolama alanlarının azalması sorunlarına çözüm aramaktadır. Bu problem, araştırmacıların malzemelerin geri dönüşümü veya yeniden kullanımı sürecine odaklanmalarına neden olmuştur. Bu bağlamda bu çalışma, TÜİK tarafından istatistiksel olarak rapor edilen tüm bitkisel kaynakların araştırılması ve bu doğal bitkisel atıkların yeniden kullanım sürecinin değerlendirilmesini ele almaktadır. 2019 yılı için hazırlanan TÜİK raporuna göre, Türkiye'de 11251 adet mahsullü ve 10004 adet mahsulsüz ceviz ağacı bulunmakta ve ceviz üretim miktarı 225000 ton olarak ölçülmektedir. Bu üretim süreci yaklaşık 112500 ton kabuk atığının varlığı ile sonuçlanmaktadır. Bu devasa atık hacmi tarım, kozmetik, mobilya, ısıtma vb. sektörler tarafından kullanılmaktadır. Ancak şimdiye kadar bu malzemelerin tüketim hacmi üretim hacmine hiç ulaşamamıştır. Bu çalışma bağlamında, bu bahsi geçen ilave ceviz kabuğu atığı kaolin killerin iyileştirilmesi amacı ile kullanılmıştır. Bu amaçla elek analizi, kıvam limiti deneyleri, standart kompaksiyon deneyleri ve tek eksenli yükleme deneyleri yapılmıştır. Saf kaolin killer için referans analizleri yapılmış olup deneyler ceviz atığı katkısı ile iyileştirilmiş karışımların farklı yüzdelerde (%5, %15) kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Standart proktor deneyi, hem karışımların sıkışma davranışını değerlendirmek hem de tek eksenli deney numuneleri hazırlamak için kullanılmıştır. 0, 7 gün beklenen numuneler için tek eksenli mukavemet deneyleri yapılmıştır. Sonuç olarak, katkısız ve katkılı olarak hazırlanan numuneler arasında yapılan karşılaştırmalar, ceviz kabuğu atık malzemelerinin kaolin killeri önemli ölçüde iyileştirebileceğini göstermiştir. Önerilen yeni yöntemin uygulanması, zemin birim hacim ağırlığının azalmasına ve zeminin mukavemetinin artmasına neden olmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Ceviz atığı, zeminlerin iyileştirilmesi, atık yönetimi, kaolin.

### **The Enhancement of Soil Strength With the Waste of Walnut**

**ABSTRACT:** Nowadays the world has sought solutions for the problems of the rapid decrement of natural consumption and production sources, increment of waste and the decrease of storage spaces of wastes. This crisis has led researchers to focus on the recycling or reuse process of materials. In this context, this study considers the reuse process of natural herbal wastes with the investigation of all herbal sources that are reported statistically by TUIK. According to TUIK report prepared for 2019, there have been 11251 bearing and 10004 non-bearing walnut trees in Turkey and the production volume of walnut is measured as 225000 tons. This production process results with the existence of approximately 112500 tons of shell waste. This huge volume of waste is utilized by the sectors like agriculture, cosmetic, furniture, heating and etc. But up until now the consumption volume of this materials never reached to its production volume. In the context of this study, this mentioned additional unused waste of walnut shells were tried to be used for the stabilization of kaolin clays. For this purpose, sieve analysis, consistency limit tests, standard proctor tests and uniaxial compression tests are performed. Reference tests were conducted for pure kaolin clays and the stabilized mixtures were created with the use of different percentages (5%, 15%) of granulated walnut shell wastes. Standard proctor test has been used to evaluate both the compaction behavior of mixtures and to prepare uniaxial test specimens. Uniaxial compression tests were performed for the specimens that are waited 0, 7 days. Consequently, the comparisons done between additive-free and mixed specimens have shown that walnut shell waste materials can improve kaolin clays significantly. The application of the new suggested method has resulted in the decrease of soil unit weight and the increase of soil strength.

**Keywords:** Waste of walnut, soil stabilization, waste management, kaoline.

### **1. INTRODUCTION**

Recently, composite materials are mostly preferred to be used in the construction sector due to the advantages that have ensured for the civil engineering applications. In this regard, the use of composite materials has become a widely suggested method to obtain composite structures that can provide the desired properties by supporting materials which cannot procure certain physical and / or chemical properties alone with the use of various types and ratios. Besides, the common features of civil engineering materials such as strength, durability, flexibility and lightness according to the aim of the use, the behavior of the material that will display in its service life is also very important. It cannot also be possible to find all the desired properties in

a specific kind of material. Therefore, the composite materials have been used for a long time for the construction sector. In addition to these, especially, the increasing amount of the waste materials associated with the rarity of the waste storage areas makes it necessary to utilize from the waste materials by recycling and/or reusing process. The mentioned requirement has revealed the idea of the use of waste materials as composites for construction area to reduce this amount of huge wastes. The possibility to ensure high strength properties with the addition of composites, has provided to attract attention on the recycling process of wastes.

In this context within the research conducted for this study, the waste of the walnut is selected as an additive, to investigate if it is appropriate to form a composite material to strengthen the fine grained soils which has low bearing capacity and high swelling potential under loading conditions. The walnut waste can be classified as a unique material that is used for the stabilization purpose of the soil, in terms of being an herbal material. There are only a few studies in the literature about the improvement of the soils with the use of the herbal waste. The banana fiber (Sapuan et al., 2007:689-693), the bamboo fiber (Yükseloğlu and Yöney, 2009:261-264), the miscandus plant (Açikel et al., 2005:244-252), the sisal and coconut fibers (Khosrow et al., 1999:39-48; Idicula et al., 2006:2719-2725), the palmate leaf fibers (Lim et al., 2003:169-177) and the sisal and palmate leaf fibers (Jacob et al., 2004: 955-965) can be counted as the herbal additives used to improve soil formations. Consequently, it is a clear information that the waste of walnut is never used as an additive material to improve soils till now (Akbat Arama and Akın, 2018).

The use of the walnut shell waste for different areas of manufacturing in Turkey has begun with the attainment of the abrasion resistance of the polyester resin (Balcıoğlu et al., 2012:40-46). This process has been conducted to evaluate the produced waste volume that always remained bigger than the consumption volume, but there could not be found an appropriate field to consume all the waste material of the walnut. Therefore, in this study it is aimed to consume all the excessive unused waste of walnut to stabilize the soil formations that have improper strength characteristics to bear additional loads. For this purpose, the juglone material that is existing in the structure of the walnut is thought to be useful to ensure the connection between the soil and the additive waste. Juglone material has a unique chemical composition and also has an allelopathic effect that can be defined as being an inhibitor or a stimulant. High plastic fine grained soils are acquired to be improved with the use of walnut shell waste to limit the deformability capacity of the soil and to increase the bearing capacity ratio. In order to evaluate the change of the strength characteristics of the fine grained soils with the addition of herbal waste, lots of laboratory tests were planned to be performed including both short and long time measurements. Uniaxial

compression tests (UCT) were conducted for both pure soil and the soil with an additive to measure the influence ratio of the additive amount on the strength. As a result, the remarkable effect of the walnut shell waste on the strength characteristics of soils is proven.

## 2. MATERIAL AND METHOD

In the context of this study, a high plastic white colored fine grained soil that is procured from Kocaeli, Turkey was used to investigate the effect of walnut shell waste addition on the shear strength properties. Some primer laboratory experiments have been performed in the Geotechnical Laboratory of Istanbul Kültür University, to classify the soil and evaluate the beginning geotechnical properties of pure clay material. The sieve analysis and hydrometer tests have been done to specify the grain size distribution according to ASTM D422, the picnometer tests have been made to calculate the specific gravity of the fine grained soil, according to ASTM D854 and the consistency limit tests have been performed to find the plastic and liquid limit values according to ASTM D4318. The obtained results of the tests shown that the fine grained soil can be classified as high plastic silty soil (MH) according to Unified Soil Classification System (USCS). The other conducted tests and related parameters are given in Table 1. Besides, X-Ray diffraction (XRD) tests have been conducted to achieve the amounts of the chemical components of the soil. The results of the XRD test have shown that there were 89 % kaolin, 3 % illite and montmorillonite, 4 % feldspar and 4 % quartz minerals within the silty soil. Standard Proctor tests have been also applied according to ASTM D698, to pure silty soil to find the optimum moisture content and the maximum dry density to be a reference value.

Table 1. The geotechnical properties of pure kaoline clay

Applied type of the test	Parameter	Result	Unit	Symbol
Liquid Limit test	<i>Liquid limit</i>	53	%	$w_L$
Plastic Limit test	<i>Plastic limit</i>	19	%	$w_P$
Sieve analysis and hydrometer tests	<i>Fine content</i>	~99	%	$FC$
Picnometer	<i>Specific gravity</i>	2,65	-	$G_s$
Standard compaction	<i>Optimum water content</i>	34,8	%	$w_{opt}$
Standard compaction	<i>Maximum dry density</i>	1,36	g/cm <sup>3</sup>	$\rho_{dmax}$

The results of the standard Proctor tests are given in Figure 1 depending on the change of the dry density against the water content. The maximum dry density of the silty soil was determined  $1.36 \text{ g/cm}^3$  and the optimum water content of the silty soil was calculated 34.8 % based on Fig. 1.

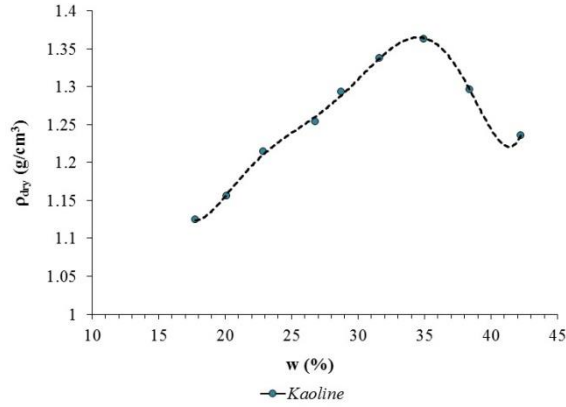


Figure 1. The compaction curve of pure kaolin material

Subsequently, walnut shell waste (WSW) has been prepared with an envisaged proper method to add into the silty soil. The average ultimate diameter of the existing walnut shells has been measured between 3-4 cm. However, with the thought that this average size will cause breakage when mixed with the soil, the walnut shell has been tried to be reduced to a smaller grain diameter. For that purpose, the grain size of the walnut shell has been reduced to reach  $4.75 - 0.075 \text{ mm}$  with the use of a hammer manually. The final view of the crumbled walnut shell waste is given in Fig. 2.



Figure 2. The grain size of granulated WSW

Different ratios of granulated walnut shell waste have been added in terms of weight to the soil. Improved soil specimens have been prepared with the addition of 5 % and 15 % of the WSW. Standard Proctor tests have been applied to the improved specimens to obtain the values of both the maximum dry density and optimum water content. The results of the conducted tests are shown in Fig. 3 depending on the change of dry density against the water content. In Fig. 3, the optimum moisture content of the pure kaolin is determined 34.8 % and the maximum dry density is calculated 1.36 g/cm<sup>3</sup>. The optimum moisture content of the specimen that is including 5 % WSW is 34.5 % and the maximum dry density is 1.31 g/cm<sup>3</sup>. The optimum moisture content of the specimen that is including 15 % WSW is 33.8 % and the maximum dry density is 1.28 g/cm<sup>3</sup>. The results of the compaction tests show that the optimum moisture content and maximum dry density is reduced with the addition of WSW. This situation is an expected situation in terms of the addition of a lightweight material to the soil mixture. Because, the addition of a lightweight material to the any medium, decreases the measurable weight characteristics of material.

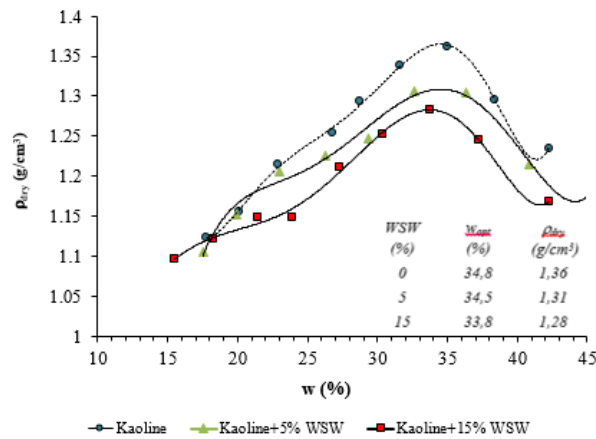


Figure 3. The compaction curve of pure kaolin material and kaolin material with additive

All the specimens which were used to conduct uniaxial compression tests, were prepared by the same foreseen preparation method. The material that was passing through the No 200 sieve, had been retained in the oven for 24 hours and then had been stayed under normal circumstances to cool. After, different ratios of WSW have been arranged depending on the weight of the pure kaolin to perform compaction tests with the same optimum moisture contents that were obtained in Fig. 3.

Three different test specimens have been achieved with the application of one compaction test and the specimens have been kept waiting in the desiccator till the envisaged measurement times. The undrained shear strength values were tried to be obtained with the application of uniaxial compression tests.

### 3. EXPERIMENTAL STUDIES

The experimental program was prepared depending on the purpose of obtaining the effect of both the amount of the additional material and the longness of the waiting time on the shear strength characteristics of high plastic kaolin material. In Table 2, the abbreviations that were used to represent the specimens, have been given based on the waiting time and the amount of WSW. Only, the addition of WSW at the weight ratio 15 % was investigated in the context of this study to simplify the conducted comparisons.

Table 2. The abbreviations for the specimens

Test	WSW	Time (day)	Abbreviation
	0	0	S-0
Uniaxial compression test	0	7	S-7
	15	0	S15-0
	15	7	S15-7

According to Table 2, the first abbreviation represents the type of the material that is used and the number in the abbreviation shows the day of waiting. In this sense, S-0 represents the soil specimen which is consisting of pure kaolin and the application time of the UCT test is 0 days after preparation process. S-7 represents the soil specimen which is consisting of pure kaolin and the application time of the UCT test is 7 days after preparation process. S15-0 represents the soil specimen which is consisting of kaolin with the addition of 15 % WSW and the application time of the UCT test is 0 days after preparation process. S15-7 represents the soil specimen which is consisting of kaolin with the addition of 15 % WSW and the application time of the UCT test is 7 days after preparation process.

The specimens were compressed under 1.25 mm/minute loading speed through all the performed uniaxial compression tests. The acquired results of the

study are shown in Table 3 depending on the measured undrained shear strength values against the type of the specimens.

Table 3. The undrained shear strength values obtained from the uniaxial compression test

Specimen	$c_u$ (kPa)
S-0	163
	174
	180
S-7	152
	151
	183
S15-0	-
S15-7	201
	220
	223

In addition, the change of the strains against the stresses is given in Fig.4 for pure kaolin clay with reference to 0 days. The measured values of undrained shear strength are 163, 174 and 180 kPa respectively for three different specimens. These three specimens were obtained from the same compaction test which are arranged to prepare the test specimens. The average value of the obtained results from the UCT is determined 172 kPa.

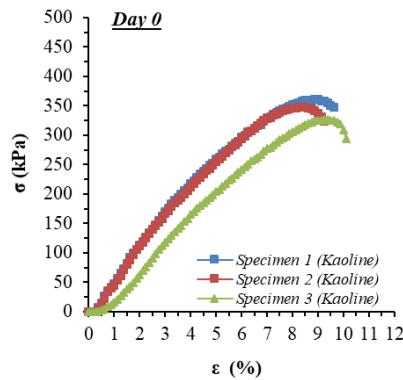


Figure 4. The stress-strain relationship of pure kaolin material (Day 0)

The stress and strain relationship of pure kaolin material is also given in Fig. 5 for 7 days. The measured values of undrained shear strength are 152, 151 and 183 kPa respectively for three different specimens. The average value of the obtained results from the UCT is determined 162 kPa.

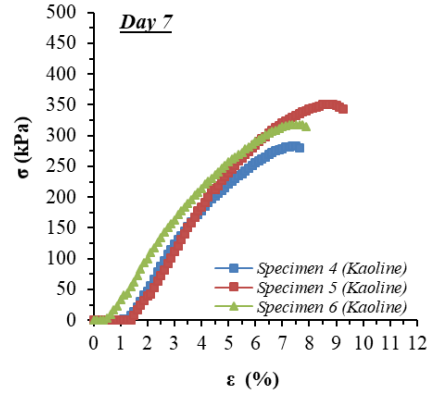


Figure 5. The stress-strain relationship of pure kaolin material (Day 7)

In Figure 6, the stress-strain relationship of the soil with 15 % additive WSW is shown for 7 days. The measured values of undrained shear strength are 201, 220 and 223 kPa respectively for three different specimens. The average value of the obtained results from the UCT is determined 215 kPa.

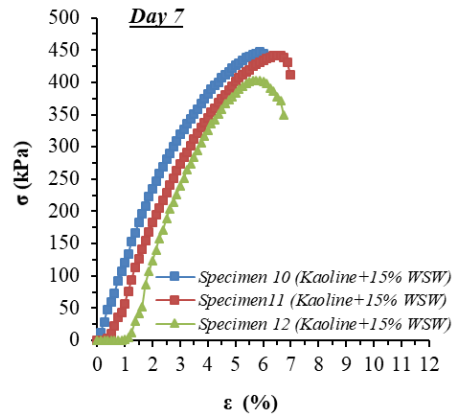


Figure 6. The stress-strain relationship of the soil with 15 % additive (Day 7)

The change of the ultimate undrained shear strength against the addition of WSW amounts is given in Fig. 7 for all the tests. The final results of the uniaxial compression tests conducted for pure kaolin at 0 and 7 days' approximately gives similar values. The total change of undrained shear strength is determined 6 % between 0 and 7 days'.

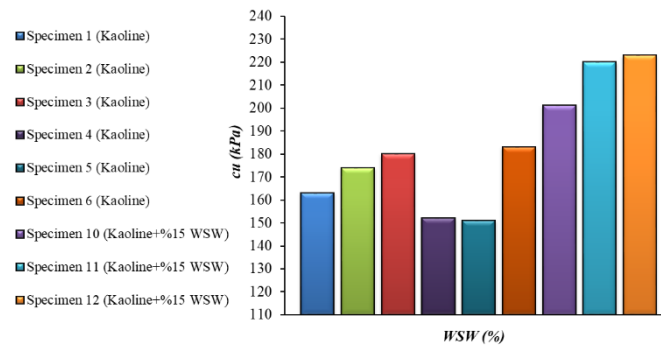


Figure 7. The change of undrained shear strength against the amount of additive WSW

This result shows that there is no significant change in the strength of the kaolin during the 7-day waiting period. This situation may be the outcome of the low permeability characteristics of fine grained soils. It is a known fact that the undrained shear strength of the fine grained soils increases with increasing time. 7-day waiting period cannot be enough to raise the strength of kaolin therefore, longer waiting periods have to be tried. The comparison of the results of the UCT of pure kaolin and the soil mixture with 15% addition shows that the strength of the specimen is increased with the addition of WSW approximately 33%. This amount of increase is really significant for soils to ensure allowable limits of bearing capacity.

#### 4. CONCLUSIONS

In this paper, an investigation is conducted to evaluate the possibility of the use of walnut shell waste for the improvement process of fine grained soils. For this purpose, a special kaolin material has been selected and different ratios of walnut shell waste have been added to the kaolin by traditional mixing method. The effects of the amount of added walnut shell waste and the waiting period have been also discussed with the performed laboratory tests such as standard Proctor and uniaxial

compression test. Only the short term analyses were investigated in the context of this study. The outcomes of the tests show that the strength of the pure kaolin material is not changed during 7-days waiting process. On the other hand, the addition of the walnut shell waste increases the shear strength parameters of kaolin. But the long term performance of the specimens with walnut shell waste addition have to be also investigated. This situation forms the developable aspect of the study. Besides, this study is also a representative work for showing the positive effects of herbal waste usage for the construction sector.

## 5. REFERENCES

- Açıklı, H., Altun, F. and Elcuman, H. (2005). “**Miskantus Bitkisinin Öğütülmüş Halde ve Lif Katkısı Olarak Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisinin Deneysel İncelenmesi**”, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, 244-252.
- Akbay Arama, Z. and Akın, S. (2018). “Ceviz Ağacı Kökenli Atıkların Kullanımı ile Temel Zeminlerinin İyileştirilmesi Yöntemi”, Zemin İyileştirilmesi, Patent Application, National, Application No: PT2018-01989.
- ASTM D 422-63. “Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils”.
- ASTM D 854-14. “Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer”.
- ASTM D 4318-17. “Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils”.
- ASTM D 698. “Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort”.
- Balcıoğlu, H.E, Yeşil, Ö. and Aktaş, M. (2012). “Ceviz Kabuğu Takviyeli Polyester Reçinenin Aşınma Dirençlerinin Belirlenmesi”, 1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi, 40-46.
- Idicula, M., Boudenne, A., Umadevi, L., Ibos, L., Candau, Y. and Thomas, S. (2006). “Thermophysical properties of natural fibre reinforced polyester composites”, Composites Science and Technology, 2719-2725.

- Jacob, M., Thomas, S. and Varughese, K.T. (2004). “Mechanical Properties of Sisal/Oil Palm Hybrid Fiber Reinforced Natural Rubber Composites”, *Composites Science and Technology*, 955–965.
- Khosrow, G., Filho, R.D.T. and Barbosa, N.P. (1999). “Behaviour of Composite Soil Reinforced with Natural Fiber”, *Cement and Concrete Composites*, 39-48.
- Lim, J.H., Ratnam M.M. and Abdul Khalil H.P.S. (2003). “An Experimental and Finite Element Analysis of The Static Deformation of Natural Fiber-Reinforced Composite Beam”, *Polymer Testing*, 169–177.
- Sapuan, S.M., Leenie, A., Harimi, M. and Benk, Y.K. (2007). “Mechanical Properties of Woven Banana Fiber Reinforced Epoxy Composites”, *Material and Design*, 689-693.
- Yükseloğlu, S.M. and Yöney, H. (2009). “Bamboo Fiber Reinforced Composite Structures and Their Mechanical Properties”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 261-264.

# KİLLERİN PLASTİSİTE ÖZELLİKLERİNİN TAHMİNİNDE LABORATUVAR DENEY VERİ TABANI KULLANILMASI

**Hazal Berrak GENÇDAL (Msc)**

İstanbul Kültür Üniversitesi

**Dr. Zülal AKBAY ARAMA (PhD)**

Istanbul University – Cerrahpaşa, Civil Eng. Dept.

**ÖZET:** Bu çalışma, bir laboratuvar deney veri tabanı kullanılarak yüksek plastisiteli kil zeminlerin plastisite esaslı geoteknik özelliklerini elde etmek için oluşturulan bir tahmin sürecini sunmaktadır. Geoteknik mühendislik uygulamalarında killi zeminlerin plastisite özellikleri, plastisite indeksi değeri kullanılarak tanımlanmaktadır. Plastisite indeksi, ince taneli zeminleri benzer mekanik özelliklerine göre sınıflandırmak için likit ve plastik limit su içerikleri arasındaki farkın hesaplanması ile elde edilir. Plastisite parametreleri; elde edilme süreçlerinin basitliğine dayanarak, zeminlerin en çok kullanılan özellikleri olarak sınıflandırılabilirler. Literatürde, özellikle, ince taneli zeminlerin önemli fiziksel ve mekanik özelliklerini tahmin etmek için plastisite özelliklerinin kullanımı ile derlenmiş çok sayıda teorik, deneysel ve deneysel çalışma bulunmaktadır. Bu bildiri kapsamında, dünya literatüründe yüksek plastisiteli killerin geoteknik özelliklerinin elde edilmesi sürecini araştıran çalışmalardan birçoğu incelenmiş ve Microsoft Excel kullanılarak toplamda 345 veri içeren bir laboratuvar test veri tabanı düzenlenmiştir. Üretilen laboratuvar veri tabanının istatistiksel yöntemlerle hem doğrudan hem de dolaylı kullanımı ile ince taneli zeminlerin plastisite özellikleri ile mekanik özellikleri arasındaki basit ilişkiler elde edilmiştir. Elde edilen ilişkiler parametre deneylerinin gerçek uygulamaları ile doğrulanmıştır. Sonuç olarak, elde edilen denklemler, büyük bir veri analizi süreci kullanılarak diğer temsili parametre tahmin araştırmalarından ayrılmaktadır ve yürütülen doğrulama analizleri, önerilen denklemlerin uygulanabilirliğini göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Kil, plastisite, laboratuvar deney veritabanı, regresyon analizi, aktivite.

### **Usage of a Laboratory Test Database to Predict Plasticity Properties of Clays**

**ABSTRACT:** This study presents a prediction process that is created to acquire plasticity based geotechnical properties of high plasticity clay soils through the usage of a laboratory test database. In geotechnical engineering applications, the plasticity characteristics of clayey soils are defined by the use of plasticity index value. Plasticity index is used to classify fine grained soils according to their similar mechanical properties of that is calculated by the difference between the liquid and plastic limit water contents. Based on the simplicity of the attainment process of plasticity parameters, they can be classified as the most used characteristics of soil masses. Numerous theoretical, experimental and empirical studies are collected in the literature to predict the important physical and mechanical properties of especially fine grained soils. Within this paper, some of the related studies which investigate the obtainment process of geotechnical properties of high plasticity clays all over the world are examined and a laboratory test database is organized by the use of Microsoft Excel. Approximately 345 representative studies are saved which are evaluating the direct relationship between soil liquid limit and plasticity index. Simple relationships between plasticity characteristics and mechanical properties of fine grained soils are presented by the use of generated laboratory database both directly and indirectly with the use of statistical methods. The obtained relationships are verified with actual applications of the parameter tests. Consequently, the obtained equations are differentiated from other representative parameter prediction investigations with the use of a large data analysis process and verification analysis shows the applicability of the suggested equations.

**Keywords:** Clay, plasticity, laboratory test database, regression analysis, activity.

## **1. INTRODUCTION**

The engineering behavior of fine-grained soils depends on their plasticity characteristics that is based on the existence of clay minerals. Depending on the water content of the envisaged soil mass, the soil can present four different states such as liquid, plastic, semi-plastic or solid. The range of soil water content has been specifying the geotechnical behavioral characterization. In this context, the water content value that is forming a boundary condition between liquid and plastic state is being defined as the liquid limit (LL) and the water content values that is generating a boundary condition between the plastic and semi-plastic state is being defined as the plastic limit (PL) of the soil. These boundary water content values

which the soil undergoes an alteration from one state to the other are named the consistency limits (Naavena et al., 2018). Consistency limits can be achieved by conducting special geotechnical laboratory tests. The most applied technique to obtain the liquid limit value of the foreseen soil specimen is the Casagrande Cup method (1932:121-136, 1958:84-91) and the plasticity limit value can be acquired by rolling the soil into a thread, especially on a glass plate, using a light pressure with hand. It is said that the soil reaches the value of plastic limit when the specimen begins to crumble at a thread diameter of 3 mm. But the plastic limit test is based on trial and error logic and enormously affected from the experience of the operator. This situation generates a complicated problem in terms of obtaining actual plastic boundaries. The liquid and plastic boundary values are used to find the plasticity index (PI) value that is representing the range of plastic behavior. The plasticity index value can be calculated as the difference of the liquid and plastic limit. It is a widely-used method for geotechnical engineers to estimate the characteristic strength and rigidity parameters of soils with both using directly and indirectly the plasticity index value (Kayabalı, K. 2012: 2079-2090, Jyothirmayi, K.H et.al. 2015:253-256, Honne, N. 2000:712-722, Gunaydın, A. 2009:204-215). Besides, the plasticity index value is used as a direct input parameter for the determination of the Activity number (Skempton, 1953-57:61). The Activity number can be determined by the ratio of the plasticity index value to the amount of weight percentage of the clayey soil. The Activity number is specific for different kinds of clay minerals and reflects the ability of the soil specimen to adsorb and deliver water under varying moisture conditions. Therefore, it is an important phenomenon to achieve the plasticity index value and the activity number with easy-to-apply experiments to model the real behavior.

In the light of all these information, this study is conducted to acquire simple applicable relationships between the basic parameters of geotechnical design to ease the attainment process of the soil characteristics. Within the scope of the paper, a database is generated by the use of the well-accepted literature studies performed to analyze the behavior of high and very high plastic clays. In this context, simple regression analysis is done and the plasticity index is determined with only the use of liquid limit values and the activity number is calculated with only the use of the plasticity index value. As a result, applicable relationships have been evaluated and verifications have been conducted with the use of special literature studies and examples.

## 2. MATERIAL AND METHOD

In the context of this study, it is aimed to use 345 datasets including only the Atterberg limit test results and the percentage of the soil clay content to develop a relationship for estimating plasticity index value in terms of the only liquid limit test. Besides, it is investigated if it is possible to determine the Activity number in terms of liquid limit or plasticity index or the percentage of fine content. The parameter estimation process is carried out with the use of regression analyses by Microsoft Excel curve fitting option by trying all options such as exponential, linear, logarithmic and polynomial that is presented within the context of the software. The database used in the prediction process of the geotechnical properties of the soil specimens, is prepared according to a collection of related studies performed on the similar characteristic clay types. All the data are selected from the well-accepted studies of literature and the references that is used dominantly for data selection and the numbers of the data are given in Table 1.

Table 1. The references and data numbers of the used data

Reference	Data number
Chittoori, B. and Puppala A.J. (2011:997-1008)	10
Stark, T.D., Choi, H. and McCone, S. (2005:575-588)	29
Benson, C.H., Zhai, H. and Wang, X. (1992:366-387)	17
Benson, C.H., Daniel, D.E and Boutwell, G.P. (1999:390-403)	10
Tiwari, B. and Ajmera, B. (2015)	10
Hakami, B.A. and Abu Seif E. (2019)	18
El-Shinawi, A. (2017:339-343)	13
Wasti, Y. and Bezirc, M.H. (1986:241-246)	23

Totally 345 data's including the results of Atterberg tests are used to perform the numerical analysis. According to the used dataset, the upper and lower boundaries of the liquid limit percentage have ranged between 50 to 526 %. Besides the plasticity index value is changed between 26 to 488 %. In addition, the percentage of the clay content of the soils is ranged between 10 to 100 %. The locations of the collected data which are dominant, are given in Fig.1 with the use of Casagrande plasticity chart.

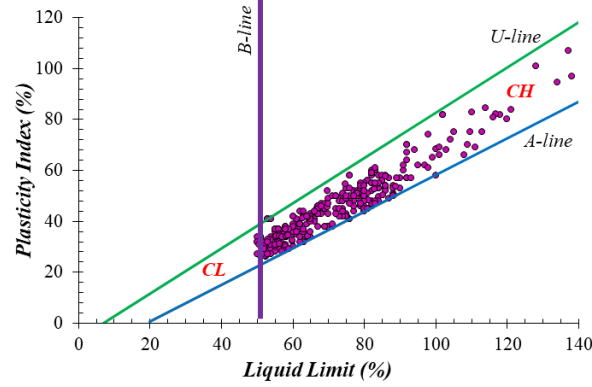


Figure 1. The locations of the data points in Casagrande plasticity chart

It can be seen from the distribution of the data points in Fig. 1 that the evaluated data characterize high and very high plastic clayey soils which can be abbreviated by CH depending on the Unified Soil Classification System (USCS). The Atterberg limits or the consistency limits of the soils can be defined as the demonstrators of the behavior of especially fine grained soils in terms of different water contents. Comparing the natural water content of the soil strata with the consistency limits gives the investigators an idea of the degree of the shear strength of inspected soil formation. It becomes useful to estimate from some dimensionless coefficients when making the mentioned comparison (Palalı, 2006). The most known dimensionless parameter associated with the consistency of the soil formations is the plasticity index value. Plasticity index can be defined as a measure of the plastic behavior of the inspected soil. In addition, plasticity index is an indirect reference value from the point of consistency limits that represents the strength which is holding the soil skeleton together or can be identified as a resistance of the soil strata to deform and rupture. The plasticity index value can be determined mathematically by the difference of liquid limit and plastic limit values and the consistency of the soil medium can be classified based on the plastic behavior tendencies of soils depending on the plasticity index (Burminster, D.M. 1949:402-434).

Table 2. The relationship between plasticity index and plastic behavior (Burmister, 1949)

Plasticity Index (%)	Description
0	Non-plastic
1-5	Slightly plastic
5-10	Low plasticity
10-20	Medium plasticity
20-40	High plasticity
>40	Very high plasticity

Besides, the types of soil medium can be specified by the use of plasticity index value in relation to the plasticity characteristics. The study of Wiqoyah, Q. (2006:16-24) can be an exemplary to the ranges of plasticity index values to classify soils. In table 3, the suggestion of Wiqoyah, Q. (2006:16-24) is given.

Table 3. The relationship between plasticity index and types of soils (Wiqoyah, 2006)

Plasticity Index	Various	Soil
0	Non-plastic	Sand
<7	Low plasticity	Silt
7-17	Medium	Silty clay
>17	High plasticity	Clay

In addition, clay fraction can be used with plasticity index value to designate the shrinkage potential of clayey soils. Table 4 is arranged to show the importance of the plasticity index in terms of deformation tendency. On the other hand, Table 4 may be a representative study to understand the importance of the clay fraction on the plastic behavior. Therefore, in the context of this study, the clay fraction is also taken into consideration through the analysis.

Table 4. The relationship between plasticity index, clay fraction and shrinkage potential (BRE, 1993)

Plasticity Index (%)	Clay fraction (<0.002 mm)	Shrinkage potential
>35	>95	Very high
22-48	60-95	High
12-32	30-60	Medium
<18	<30	Low

Another classification approach is given in Table 5 depending on the change of plasticity index value from the viewpoint of degree of expansion degree of fine grained soils (Sridharan and Prakash, 2000: 235-240). Holtz and Gibbs (1956:663-641) and Chen (1975) and IS 1498 (1970) presents different averages according to the change of plasticity index value. Although the upper limits of the plasticity index value are similar for all the proposed studies, the lower limits are differentiated. This differentiation may be related to the considered soils mineralogy.

Consequently, the importance of the correct determination of the plasticity index value can be seen if all the mentioned studies are examined.

Table 5. Soil expansivity predicted with the use of plasticity index value (Sridharan and Prakash, 2000)

Degree of expansion	Plasticity Index (%)		
	Holtz and Gibbs	Chen	IS 1498
Low	<20	0-15	<12
Medium	12-34	10-35	12-23
High	23-45	20-55	23-32
Very high	>32	>35	>32

Except the plasticity index value, another specific coefficient can be determined with the use of plasticity index and the percentage of clay content. The ratio of the plasticity index value to the percentage of the clay content gives the activity number. The percentage of the clay content defines the amount of soil grains that is smaller than 0.002 mm. The activity number can be calculated mathematically by

Equation 1. It has to be noted that the mentioned amount expressed by the percentage of clay is the percentage of clay in weight.

$$A = \frac{PI}{\text{Clay content (\%)}} \quad (1)$$

Clayey soils can be classified based on the activity number. The clays can be named inactive if the activity number is determined smaller than 0.75. If the activity number remains between 0.75 and 1.25 the clayey soils are defined as normal. The clays can be defined as active if the activity number is calculated bigger than 1.25 (Skempton, 1953:57-61). The typical values of liquid limit, plastic limit and the activity numbers of some specific clay minerals are shown in Table 6. This example table is also arranged in different forms by various researchers depending on the plasticity index value.

Table 6. Typical values of liquid limit, plastic limit and activity of some clay minerals (Skempton, 1953)

Mineral	Liquid limit (%)	Plastic limit (%)	Activity, A
Kaolinite	35-100	20-40	0.3-0.5
Illite	60-120	35-60	0.5-1.2
Montmorillonite	100-900	50-100	1.5-7.0
Halloysite (hydrated)	50-70	40-60	0.1-0.2
Halloysite (dehydrated)	40-55	30-45	0.4-0.6
Attapulgitic	150-250	100-125	0.4-1.3
Allophane	200-250	120-150	0.4-1.3

Soil activity is a term generally used for the ability of the soil to absorb and deliver water under varying moisture conditions. Therefore, the logic of the determination of the activity number is similar to consistency limits, but the activity number forms a more complex structure depending upon the context of clay weight percentage.

In this study, two cases are evaluated, in terms of the attainment process of consistency related parameters. In the first case, the determination of plasticity index value with the use of only the liquid limit value is searched and in the second case the probability of the calculation of the activity number depending upon the plasticity index or clay content is investigated individually. The study is also focused on the

appropriate estimation of the soil geotechnical parameters and its importance on the deformation and strength characteristics of clayey soils.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

The regression analysis is firstly conducted to determine the plasticity index value from liquid limit tests. The possible suggestions will reduce the dependency of plasticity index value from the plasticity index test that is significantly affected from the operator's experience and the state of the circumstances. Only univariate regression analyses are conducted within the context of this paper. In Fig. 2, the change of plasticity index value against the liquid limit is given. The  $R^2$  values give satisfactory results for expressions to estimate the plasticity index value against the liquid limit. Fig. 2a represents the linear and Fig. 2b represents the polynomial curve fitting option results of the regression analyses.

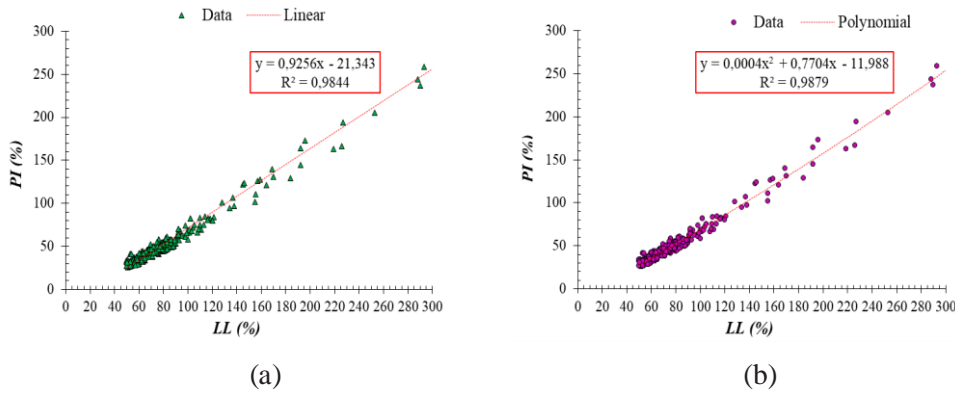


Figure 2. The change of plasticity index value against the liquid limit with a. Linear and b. Polynomial curve fitting option.

Equation 2 is obtained by linear and Equation 3 is acquired by polynomial curve fitting. The results of both linear and polynomial analyses gives similar approximate results. Therefore, it will be more easy to apply linear regression results rather than polynomial regression results to achieve the plastic limit value.

$$PI = 0.9256 LL - 21.343 \quad (2)$$

$$PI = 0.0004 LL^2 + 0.7704 LL - 11.988 \quad (3)$$

The determination of activity number is also investigated against the change of plasticity index value (Fig. 3). In Fig. 3a-3b, the change of activity against the plasticity index is given with linear and polynomial regression analyses respectively.

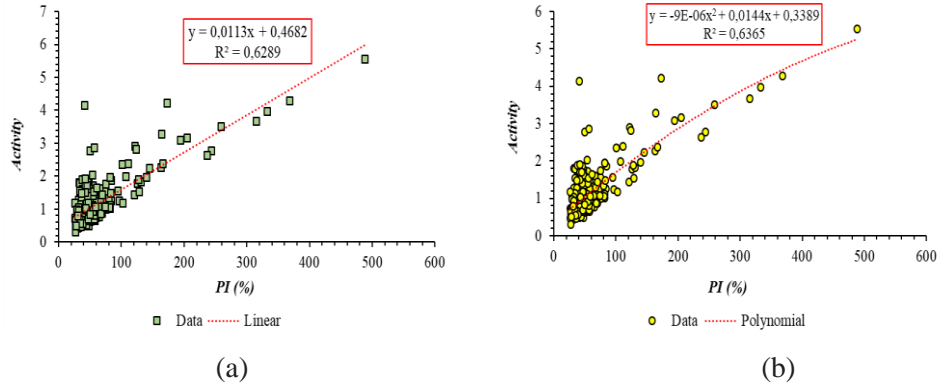


Figure 3. The change of activity value against the plasticity index with a. Linear and b. Polynomial curve fitting option.

The  $R^2$  value is calculated similar for both the linear and polynomial curve fitting option. The mathematical expression of linear and polynomial analysis is given with Equation 4 and Equation 5 respectively. Although the accuracy of the obtained expressions is not completely satisfactory, the results have formed a beginning step for researchers.

$$A = 0.0113 PI + 0.4682 \quad (4)$$

$$A = -9e^{-6} PI^2 + 0.0144 PI + 0.3389 \quad (5)$$

The estimation of the activity number is investigated in terms of the liquid limit (Fig. 4). The  $R^2$  value is determined approximately 0.62 and the mathematical expression of the mentioned analysis is given with Equation 6.

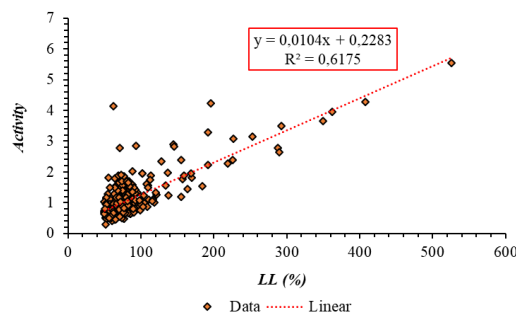


Figure 4. The change of activity against the liquid limit with linear curve fitting option

$$A = 0.0104 LL + 0.2283 \quad (6)$$

The change of the activity number against the clay content is shown in Fig. 5 and the mathematical expression of the case is given by Equation 7. The results of the analyses are not satisfactory in terms of accuracy rate. The determination process of the activity number may give more accurate results if multivariable analyses can be conducted.

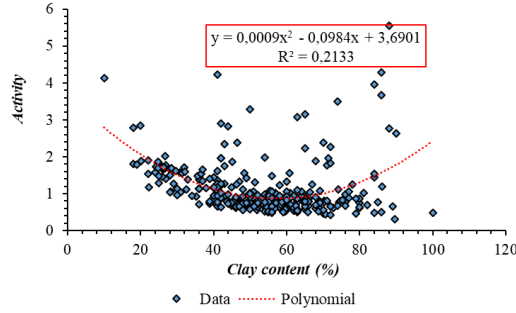


Figure 5. The change of activity against the clay content with polynomial curve fitting option

$$A = 0.0009 CC^2 - 0.0984 CC + 3.6901 \quad (7)$$

The change of plasticity index is also investigated with regard to the clay content. The results of the analyses give more proper results for polynomial curve fitting analysis (Fig. 6) and the acquired mathematical expression is given by Equation 8. But the outcomes of this regression analysis are not satisfactory too.

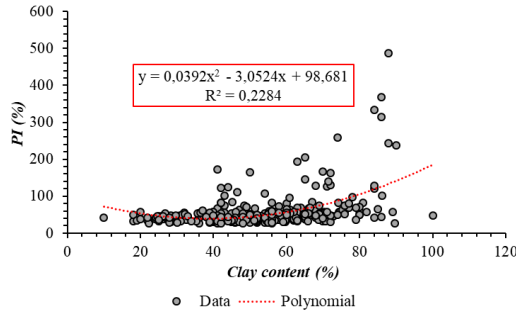


Figure 6. The change of plasticity index against the clay content with polynomial curve fitting option

$$PI = 0.0392 CC^2 - 3.0524 CC + 98.681 \quad (8)$$

Therefore, the use of the proposed equations given by Equation 7 and 8 to estimate the activity and the plasticity index, may lead the designers to predict the geotechnical properties erroneously.

#### 4. CONCLUSION

This study involves a process that is about the prediction phenomenon of both the plasticity index and the activity number of high and very high plastic clayey soils. The plasticity index is successfully estimated in terms of the liquid limit. On the other hand, the activity number is predicted in terms of the plasticity index and the liquid limit value individually as reasonably practicable. In order to query the applicability of the suggested mathematical expressions for the geotechnical parameter evaluation process, comparisons have been conducted with the accepted studies of the literature. In this context, the study of Naveena et al. (2018:1975-1978) (Equation 9), the traditional Casagrande equation (1932:121-130) (Equation 10) and the suggestion of Skempton, A.W. and Northy, R.D. (1953:30-53) (Equation 11) is selected to compare the applicability of plasticity index determination expression in terms of the liquid limit.

$$PI = 0.8901 (LL - 22.9794) \quad (9)$$

$$PI = 0.73 (LL - 20) \quad (10)$$

$$PI = 0.689 (LL - 6.05) \quad (11)$$

Equation 2 is used to determine the plasticity index value as the proposed expression of this study. Then Equation 9-10-11 and the actual values that are used to form the database is used to validate the proposed expression. Fig. 7 represents the comparison of different determination methods of the change of plasticity index against the liquid limit. In addition, 345 data points are used to designate the accuracy of the proposed method. The validation process has been conducted with the utilization of the database that is used for the attainment of the new approach because all the selected values are obtained depending on the arbitrarily selected literature studies. Therefore, the proposed method is also a representative expression of all the data sources.

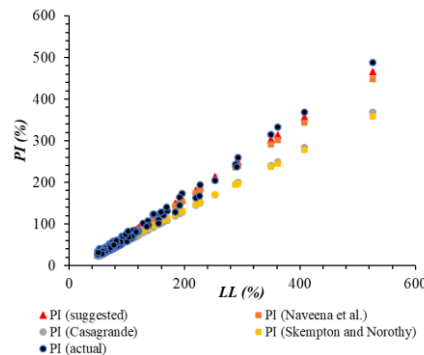


Figure 7. Comparison of different determination methods of the change of plasticity index against the liquid limit

According to Fig. 7, the suggested method and the method of Naavena et al. (2018: 1975-1978) gives more satisfactory approximations depending on the used database. The average values of the determined plasticity index values remain the same for the actual data ( $PI_{\text{actual(average)}} = 56.7 \%$ ) and the outcomes of the solution of the proposed method ( $PI_{\text{suggested(average)}} = 56.7 \%$ ). Besides, the average value of the calculated plasticity index values is 54.6 %, 46.9 % and 53.9 % for Naavena et al. (2018: 1975-1978), Casagrande (1932:121-130), Skempton, A.W. and Northy, R.D (1953:30-53) respectively.

The validation process of the proposed mathematical expression of the activity number has been performed with the use of a geotechnical design example that is selected from a well-known reference (Das, B.M. and Sobhan, K. 2013). The design example is arranged with the properties of seven different clayey soils (Skempton, A.W. and Northy, R.D 1953:30-53) and the relationships between the strength and plasticity characteristics are investigated in the context of the selected example. The geotechnical properties of the example are given in Table 7. Equation 4 is used to predict the activity number against the plasticity index value.

Table 7. The geotechnical properties of seven different clayey soils (Skempton and Northy, 1953)

Soil	% Clay fraction	PI (%)	$A_{\text{(actual)}}$	Undisturbed shear strength
Beauharnois	79	41,08	0,52	18
Detroit I	36	12,96	0,36	17
Horten	40	16,8	0,42	41
Gosport	55	48,95	0,86	29
Mexico city	90	405	4,5	46
Shellhaven	41	54,53	1,33	36
St. Thuribe	36	11,88	0,33	38

The comparison of actual and predicted values are also given in Table 8. The rate of the difference of the average values that is determined as the actual and the predicted activity numbers is calculated approximately 19 %. This result seems to be adequate if a look from the viewpoint of the determined low  $R^2$  values.

Table 8. The comparison of the predicted and actual activity number

Soil	$A_{(predicted)}$	$A_{(actual)}$
Beauharnois	0,93	0,52
Detroit I	0,61	0,36
Horten	0,66	0,42
Gosport	1,02	0,86
Mexico city	5,04	4,5
Shellhaven	1,08	1,33
St. Thuribe	0,60	0,33

Consequently, this study presents the engineers and the researchers a big database and applicable mathematical expressions to determine the plasticity index and the activity number directly from the easiest geotechnical engineering tests. It is thought that the study will be helpful for practical geotechnical design considerations to direct the necessitated parameter attainments.

## REFERENCES

- Building Research Establishment. (1993). "Efficient Use of Aggregates and Bulk Construction Materials, Watford.
- Burmister, D.M. (1949). "Principles and Techniques of Soil Identification; Proceedings, Annual Highway Research Board Meeting", National Research Council, Washington, D.C., (29):402-434.
- Benson, C.H., Zhai, H. and Wang, X. (1992). "Estimating Hydraulic Conductivity of Compacted Clay Liners", Journal of Geotechnical Engineering, 120(2): 366-387.

- Benson, C.H., Daniel, D.E and Boutwell, G.P. (1999). “Field Performance of Compacted Clay Liners”, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 125(5): 390-403.
- Casagrande, A. (1932). “Research on the Atterberg Limits of Soils”, *Public Roads*, 13(3):121–136.
- Casagrande, A. (1958). “Notes on the Design of the Liquid Limit Device”. *Géotechnique*, 8(2):84–91.
- Chen, F.H. (1975). *Foundations on Expansive Soils*. Elsevier, Amsterdam.
- Chittoori, B. and Puppala A.J. (2011). “Quantitative Estimation of Clay Mineralogy in Fine-Grained Soils”, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 137(11):997-1008.
- Das, B.M. and Sobhan, K. (2013). *Principle of Geotechnical Engineering-8th Edition*.
- El-Shinawi, A. (2017). “A Comparison of Liquid Limit Values for Fine Soils: A Case Study at the North Cairo-Suez District, Egypt”, *Journal Geological Society of India*, 89:339-343.
- Gunaydin, A. (2009). “Estimation of soil compaction parameters by using statistical analyses and artificial neural networks”, *Environmental Geology Journal*, 204-215.
- Hakami, B.A. and Abu Seif E. (2019). “Expansive Potentiality of Sabkha Soils of Rabigh Lagoon, Saudi Arabia:a case study”, *Arabian Journal of Geosciences*, 12:107.
- Holtz, W.G. and Gibbs, H.J. (1956). “Engineering Properties of Expansive Clays”, *Transactions of ASCE*, 663-641.
- Honne, N. (2000). “Prediction Of Engineering Properties Of Fine-Grained Soils From Their Index Properties”, *Canadian Geotechnical Journal*, 712-722.
- IS 1498 (1970). “Classification and Identification of Soils For General Engineering Purposes”. BIS, New Delhi.
- Jyothirmayi, K.H., Gnanananda, T. and Suresh, K. (2015). “ Prediction of Compaction Characteristics of Soil Using Plastik Limit”, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 253-256.

- Kayabalı, K. (2012). “Estimation of Liquid, Plastic and Shrinkage Limits Using One Simple Tool”, *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 2079-2090.
- Naveena, N., Sanjay S.J. and Chandanshree, N.S. (2018). “Establishing relationship between Plasticity Index and Liquid Limit by Simple Linear Regression Analysis”, *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 1975-1978.
- Palalı, A., (2006). Handere Kilinde Su İçeriği Değişimi ve Kompaksiyon Enerjisinin Mukavemete Olan Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Skempton, A.W. (1953). “The Colloidal Activity of Clays”. *Proceedings of Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 57-61.
- Skempton, A.W., Northey, R.D. (1953). “The Sensitivity of Clays”, *Geotechnique* 3(1):30–53.
- Sridharan, A. and Prakash, K. (2000). “Classification procedures for expansive soils”, *Geotechnical Engineering*, 143(4):235-240
- Stark, T.D., Choi, H. and McCone, S. (2005). “Drained Shear Strength Parameters for Analysis of Landslides”, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 131(5): 575-588.
- Tiwari, B. and Ajmera, B. (2015). “Reduction in Fully Softened Shear Strength of Natural Clays with NaCl Leaching and Its Effect on Slope Stability”, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 141(1): 04014086
- Wasti, Y. and Bezirc, M.H. (1986). “Determination of The Consistency Limits of Soils by the Fall Cone Test”, *Canadian Geotechnical Journal*, 23:241-246.
- Wiqoyah, Q. (2006). “Effect of Lime Rate, Time and Soaking Treatment on Strong Bearing Clay”, *The Dynamics of Civil Engineering*, 16-24.

# TEK AÇIKLIKLI YIĞMA KEMER KÖPRÜNÜN FARKLI KEMER EĞRİLİK YÜKSEKLİKLERİNİN YER HAREKETLERİ ALTINDA İNCELENMESİ

**Dr. Öğr. Üyesi Memduh KARALAR**

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

**Mustafa YEŞİL**

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

**ÖZET:** Bu çalışmada, yakın ve uzak fay depremleri altında farklı kemer eğriliği göz önünde bulundurularak tek açıklıklı tarihsel yığma kemer köprüsünün statik ve dinamik davranışının karşılaştırılması hakkında ayrıntılı bir araştırma sunulması amaçlanmıştır. Bu amaçla Türkiye'de Karabük'te yapılan Tarihi Tokatlı Köprüsü sayısal uygulama olarak seçilmiştir. Tarihi Tokatlı Köprüsü'nde ark eğriliğinin yüksekliğini incelemek için öncelikle ANSYS kullanılarak sonlu eleman modeli (FEM) belirlenir. FEM oluşturmak için ANSYS'de 162920 düğüm ve 47818 eleman kullanılır. Ayrıca, kemer köprü üzerinde kemer eğriliği etkisini oluşturmak için, FEM'de, 7.0 m-9.0 m arasındaki farklı kemer eğriliği dikkate alınarak köprü yeniden yapılandırılır. Ek olarak, dinamik analizler için farklı, yıkıcı hız darbe özelliklerinden dolayı yer hareketleri dikkate alınır. Bu yer hareketleri altında maksimum yer değiştirmeler, asal gerilmeler ve elastik gerilmeler elde edilmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tarihi Yığma Kemer Köprüsü; Uzak Fay Depremleri; Faya Yakın Depremler; Fem; Eğrilik Yüksekliği Etkisi

## **Investigation on Different Arch Curvature Heights of a Single-Spanned Masonry Arch Bridge under Ground Motions**

**ABSTRACT:** In this study, it is aimed to present a detail investigation about the comparison of static and dynamic behavior of one-span historical masonry arch bridge (HMAB) considering different arch curvature under near fault and far fault earthquakes. For this purpose, Historical Tokatlı Bridge (HTB) constructed in Karabük, Turkey is selected as a numerical application. To investigated the height of the arch curvature on HMAB, first, finite element model (FEM) is determined by using ANSYS. To built FEM, 162920 nodes and 47818 elements are used in ANSYS. Furthermore, to establish the arch

curvature effect on a masonry arch bridge, the FEM are reconstructed considering the different arch curvature between 7.0 m-9.0 m. Additionally, ground motions are considered due to their distinct, destructive velocity pulse characteristics for dynamic analyses. Under these ground motions, the maximum displacements, principal stresses and elastic strains are obtained and compared with each other. At the end of these analyses, it is seen that the maximum displacements decreased when the height of one-span masonry arch bridge increases under near fault and far fault earthquakes and this is true for reverse conditions.

**Keywords:** Historical Masonry Arch Bridge; Far Fault Earthquakes; Near Fault Earthquakes; FEM; Curvature Height Effect

## 1.INTRODUCTION

Throughout history, human beings have built bridges in many different methods and forms, from the simplest methods to the modern technology, and extracted unique works. In these bridges, the arch form was widely used. Arch bridges, which are commonly seen in Turkey, were built in Anatolia and especially in the 19th century by the Ottomans in the form of a single span stone arch. In Turkey, approximately 1300 of such historical bridges are still in-service as shown in Fig.1. It is of the most importance to ensure the safety of these historical bridges against the dynamic loadings of traffic, wind and earthquakes. This task requires the accurate identification of the dynamic characteristics of these existing bridges (Sevim et al. 2011a, Koksall et al. 2015, Cakır et al. 2015, Sözen and Çavuş 2019).



Fig. 1. An example of Historical Masonry Bridge in Giresun- Yağlıdere

In the literature, there are many analytical and experimental studies have been conducted on the historical bridges in the literature. Ural et al. (2008) have modeled the concrete-filled steel Beichuan Bridge in the ANSYS finite elements program, and Ural et al. (2008) have performed analytical models and dynamic experimental analyses. Analytical modeling techniques were used to simulate GPR tests, and the analytical models were updated using laboratory experiments. Aydın and Özkaya (2018) also studied the collapse loads of masonry arch bridges, and a study has been made aiming the calculation of the behaviors of the single-spanned masonry arch bridges shows under certain loads with the method of static analysis. Breccolotti et al. (2018) investigated a limit analysis based procedure for the rapid evaluation of the in-plane seismic capacity of masonry arch bridges and parametric investigation has been performed by varying the rise/span ratio and the results have been compared with those obtained by finite element modelling. It is seen from literature studies that the geometric properties, dimensions and forms of each structural element have very important effect on the structural behavior of HMABs. There are already made some structural analyses in literature for investigation of geometry effects on the structural behavior of masonry arch bridges. However, it is seen from the literature that there is not any seismic investigations for assessing the geometry effect. For this purpose, in this study, it is aimed to investigate the performance of historical masonry bridge under different arch curvature considering near and far-fault earthquakes via finite element (FE) approach and to demonstrate the capability and performance predicting.

## **2. DESCRIPTION OF THE HISTORICAL TOKATLI BRIDGE**

The HTB is located on the Söğütlüdere Canyon in the Safranbolu district of Karabük. The bridge is located on the river bed in the east-west axis. The bridge is approximately 47.26 meters long and 4.10 meters wide. The height from the bridge to the water level is 30.70 meters. The bridge which extends in the east-west direction continues straight to 33.70 meters in the east direction and then makes a sharp turn to the southeast and continues for 13.56 meters. While the width of the bridge is 4.08 meters at the west entrance, it is expanded to 4.21 meters at the beginning of the turn and narrows to 3.21 meters after the turn, and then extends again to 3.86 meters towards the bridge exit up to the water level is 28.68 m. General view of the HTB is given as Fig.2.

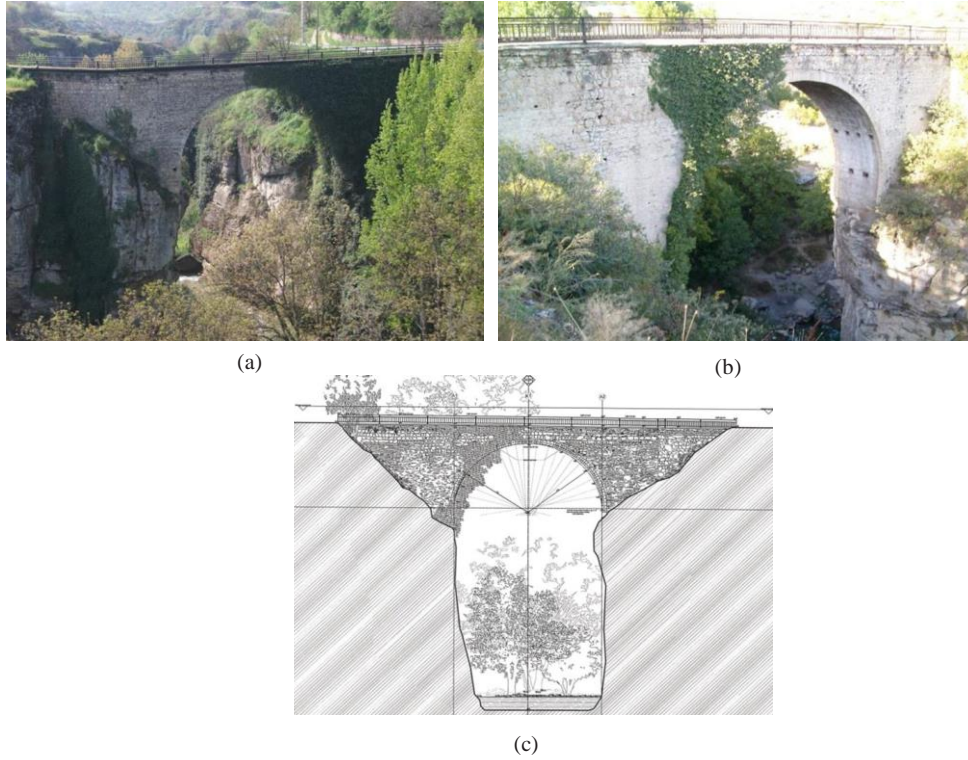


Fig. 2. View Of The HTB (a) Upstream, (b) Downstream View, (c) Building Survey.

### 3. FINITE ELEMENT MODELING

In this part of the study, 3D nonlinear finite element program is generated by using ANSYS (1998). Under various near-fault and far-fault earthquakes, ANSYS solutions are obtained. Then, Static and Dynamic analyzes are performed to investigate the performance of historical masonry bridge under different arch curvature.

#### 3.1 Element Types

In the FE modeling of the HTB, The HTB is modeled using 10-node high-order tetrahedron elements. Every node of the element has three degrees of freedom; that is, translations in the nodal x, y and z directions. The contact algorithm of the FE model requires the definition of contact surfaces. Details of the contact surface modeling are given in the following section.

### 3.2 Contact Modeling

In this study, the contact between the HTB and their components is defined as a surface-to-surface contact type where the contact area may change as a function of the degree of separation of the contact surfaces. For the contact interface of the HTB, CONTA174 component and a matching TARGE170 component is used to characterize contact and separation between the two faces as shown in Fig. 3. Accordingly, bonded contact is chosen between the HTB and their components.

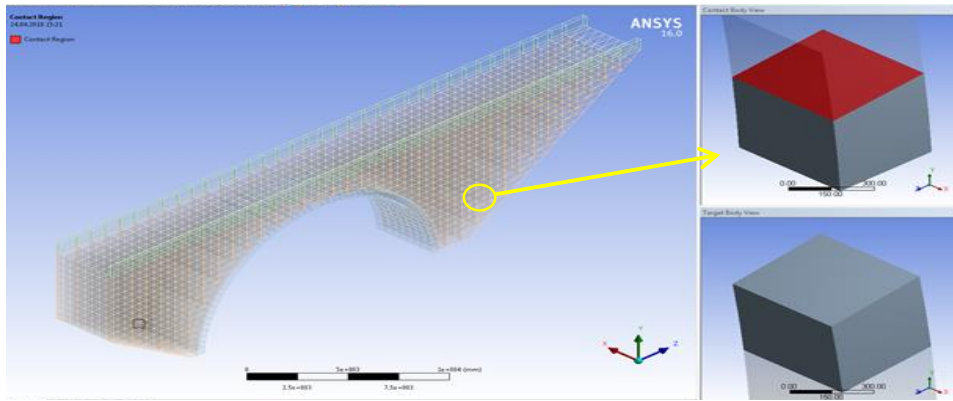


Fig. 3. Details of contact surfaces

### 3.3 Meshing

The properties of the other meshing options are shown in Table 1. In ANSYS, a larger number of nodes in a FE model leads to excessive computation time. Therefore, the Tetrahedrons meshing option is chosen because the obtained mesh has a better size distribution across the FE model and smaller number of nodes. Thus, the mesh sizes are input manually and taken as 25 mm within the contact regions and 50 mm within the rest of the model.

Table 1. Numbers of Nodes and Elements for different mesh type.

Number	Mesh Type	Nodes	Elements
1	Tetrahedrons	162920	47818

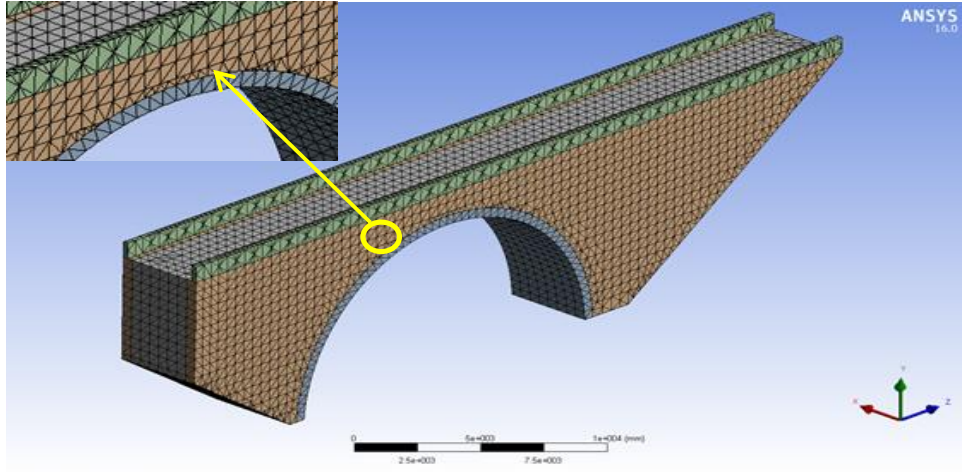


Fig. 4. Tetrahedrons Mesh.

### 3.4 Material Model and Boundary Conditions

The materials properties used in the analyses are listed in Table 2 (Bayraktar et al. 2007). In addition to material model, correct definition of the boundary conditions is of great importance in the FE analysis and, depending on the structure, can greatly affect the behavior. The boundary conditions are defined by fixing the translational and rotational degrees of freedom at all bridge abutments and both side walls.

Table 2. Materials properties.

Material	Modulus of elasticity (N/m <sup>2</sup> )	Poisson ratio	Density (kg/m <sup>3</sup> )
Stone arches	3.0E9	0.25	1600
Timber block	1.5E9	0.05	1300
Side walls	2.5E9	0.20	1400

#### 4. NEAR-FAULT AND FAR-FAULT GROUND MOTIONS

In this study near-fault and far-fault ground motions are considered due to their distinct, destructive velocity pulse characteristics. Table 3 lists the near-fault and far-fault ground motions used in this study. Two set of ground motions are used. These set involves a suite of 11 earthquakes presented in Table 3.

Table 3. Near-fault and Far-fault records used in the analysis

Fault Type	Earthquake	Station/Component	$A_p$	$V_p$
			(g)	(cm/s)
Near-fault	Cape Mend. 1992	89156 Petrolia	0.66	90.0
	Kobe 1995	KOBE/KJM000	0.82	81.0
	Superst. Hills, 1987	SUPERST/B-PTS225	0.45	112.0
	Northrdg.1994	90056 Newhall - W. Pico Canyon Rd.	0.45	92.9
	Imp.Val.1979	5165 El Centro Diff. Array	0.35	71.0
	Chi-Chi, 1999	CHICHI/TCU087-W	0.38	120.0
Far-fault	Borrego Mo-unt,1968	Hollywood Storage Lot / 180°	0.01	2.33
	Friuli, Italy, 1976	Conegliano / 0°	0.03	4.29
	Kobe, 1995	FUK / 0°	0.05	3.52
	Morgan Hill, 1984	San Fran. Int. Airport/ 90°	0.06	3.65
	NW California, 1941	Ferndale City Hall / 45°	0.02	0.76

#### 5. ANALYSES RESULTS

To establish the arch curvature effect on a masonry arch bridge, the FEM are reconstructed considering the different arch curvature between 7.0 m-9.0 m with the increment of 1.0 m, respectively. While it is investigated the dynamic behaviour of one-span HMAB considering different arch curvature under near fault and far fault earthquakes, it is obtained stress and displacements values. In this phase of study, the

tensile strength/compressive strength ratio is considered as 1/20 or 5% and the damage potential is evaluated. Therefore, it is predicted that the tensile stress values greater than 1/20 or 5% can be reduced by damaging the structural strength. It is seen that the tensile stresses increased by the near fault earthquake effect are more significant especially along the large belt when height of arch curvature decreases. Considering the near fault earthquakes loading adopted for the evaluations; The tensile stress reaching up to 0.60 MPa under static loading on the HTB increasing up to 2.20 MPa due to the near fault earthquake effects and exceed the tensile strength of the HTB which is accepted as 1MPa when height of arch curvature decreases. When the FEM is investigated in detail; it is observed that the tensile stress at many nodes is greater than 1 MPa. These findings indicated that damage may be caused by tensile stress under near fault earthquakes especially when height of arch curvature decreases. Dynamics analyses results are given in Table 4, Table 5 and Table 6.

Table 4. Dynamic ANSYS Analyses Results for 7 m

<i>Arch heights (m)</i>	<i>Fault</i>	<i>Earthquakes</i>	<i>Displacements (mm)</i>	<i>Maximum Principal Elastic Strain (mm/mm)</i>
7	Near Fault	Cape Mend,1992	5.96	0.000680
		Chi-Chi,1999	2.11	0.000730
		Imperial Valley,1979	3.57	0.000450
		Kobe,1995	7.23	0.000260
		Northridge,1994	4.34	0.000264
		Superstition Hills,1987	4.36	0.000256
	Far Fault	Borrego Mount,1968	1.65	0.000262
		Friuli, Italy, 1976	1.64	0.000262
		Kobe, 1995	1.63	0.000261
		Morgan Hill, 1984	1.63	0.000262
		NW California, 1941	1.77	0.000262

Table 5. Dynamic ANSYS Analyses Results for 8 m

<i>Arch heights (m)</i>	<i>Fault</i>	<i>Earthquakes</i>	<i>Displacements (mm)</i>	<i>Maximum Principal Elastic Strain (mm/mm)</i>
8	Near Fault	Cape Mend,1992	5.63	0.000681
		Chi-Chi,1999	1.97	0.000292
		Imperial Valley,1979	3.36	0.000452
		Kobe,1995	6.83	0.000639
		Northridge,1994	4.10	0.000528
		Superstition Hills,1987	4.11	0.000529
	Far Fault	Borrego Mount,1968	1.52	0.000204
		Friuli, Italy, 1976	1.60	0.000196
		Kobe, 1995	1.56	0.000218
		Morgan Hill, 1984	1.53	0.000207
NW California, 1941		1.64	0.000231	

<i>Arch heights (m)</i>	<i>Fault</i>	<i>Earthquakes</i>	<i>Displacements (mm)</i>	<i>Maximum Principal Elastic Strain (mm/mm)</i>
9	Near Fault	Cape Mend, 1992	5.52	0.000662
		Chi-Chi, 1999	1.76	0.000287
		Imperial Valley, 1979	3.22	0.000195
		Kobe, 1995	6.72	0.000195
		Northridge, 1994	3.97	0.000196
		Superstition Hills, 1987	3.74	0.000194
	Far Fault	Borrego Mount, 1968	1.20	0.000195
		Friuli, Italy, 1976	1.23	0.000194
		Kobe, 1995	1.21	0.000194
		Morgan Hill, 1984	1.21	0.000195
		NW California, 1941	1.36	0.000195

Table 6. Dynamic ANSYS Analyses Results for 9 m.

## 7. CONCLUSIONS

In this study, a detail investigation about the comparison of static and dynamic behavior of one-span HMAB considering different arch curvature under near fault

and far fault earthquakes are presented. For this purpose, FEM of the one-span HMAB is built and analyzed under various near fault and far fault earthquakes using the program ANSYS and SAP2000. Based on the analyses results, following observations are made;

- It is observed that the maximum displacements decreased when the height of one-span masonry arch bridge increases under near fault and far fault earthquakes and this is true for reverse conditions.
- When the height of the one-span masonry arch bridge increases especially under near fault earthquakes, it is observed that tensile stresses have reached the permissible masonry tensile strength, especially on the upper side of the large belt, on the upper side of the belt and on the side of the belt and pose a risk for damage.
- Compressive stresses are well below the masonry compressive strength and are not considered to be risky in terms of damage when the height of the one-span masonry arch bridge increases. Furthermore, for the one-span masonry arch bridge, the potential damage due to displacements is found to be critical when the height of the one-span masonry arch bridge decreases. However, there is not displacement at the level that would cause damage to the remaining parts of the one-span masonry arch bridge.

## REFERENCES

- ANSYS(1998), “ANSYS Inc”., Canonsburg, Pensnsylvania.
- Aydia A.C., Özkaya S. G. (2018). The finite element analysis of collapse loads of single-spanned historic masonry arch bridges (Ordu, Sarpdere Bridge), Engineering Failure Analysis, 84:131–138.

- Bayraktar A., Altunisık A.C, Turker T., Sevim B. (2007). The model updating of historical masonry bridges using operational modal analysis method, Proceedings of the 1st National Conference Reinforcement and Transfer into the Future of Historical Structures, Ankara, Turkey, 429–440.
- Breccolottia M., Severinib L., Cavalagli N., Bonfiglic F. M. and Gusellad V. (2018).Rapid evaluation of in-plane seismic capacity of masonry arch bridges through limit analysis, Earthquakes and Structures, 15(5): 541-553.
- Cakir, F. and Seker, B.S. (2015). Structural performance of renovated masonry low bridge in Amasya, Turkey, Earthq. Struct., 8(6): 1387-1406.
- Koksal H.O. Doran B, Kuruscu A.O., and Kocak A. (2015). Elastoplastic Finite Element Analysis of Masonry Shear Walls, KSCE Journal of Civil Engineering, 20(2):784-791, DOI: 10.1007/s12205-015-0393-1.
- Sevim, B., Bayraktar, A., Altunisik, A.C., Atamturktur, S. and Birinci, F. (2011a). Assessment of nonlinear seismic performance of a restored historical arch bridge using ambient vibrations, Nonlin. Dyn., 63(4), 755-770.
- Sözen Ş., Çavuş M. (2019).Assessment of the Seismic Performance of a Historical Building Reinforced with Steel Buttress KSCE Journal of Civil Engineering, 23(7):3113-3121, DOI 10.1007/s12205-019-2269-2.
- Ural A., Oruç S., Doğangün A., Tuluk Ö.İ., (2008).Turkish historical arch bridges and their deteriorations and failures, Engineering Failure Analysis, 15, 43–53.

# TDY 2007 ve TBDY 2018'E GÖRE YEREL ZEMİN SINIFI TANIMLAMALARININ TABAN KESME KUVVETİNE OLAN ETKİSİ: İSKENDERUN İLÇESİNDE SAYISAL BİR İNCELEME

**İnş. Yük. Müh. Muhammet DİNGİL**

İskenderun Teknik Üniversitesi

**Arş. Gör. Yakup TÜREDİ**

İskenderun Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Murat ÖRNEK**

İskenderun Teknik Üniversitesi

**ÖZET:** Ülkemizde, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'in yayınlanmasıyla birlikte birçok yeni tasarım ve çözümleme esasları hayata geçmiş ve eski yönetmelik olan Türkiye Deprem Yönetmeliği (TDY) 2007'den farklı olarak, yeni yerel zemin sınıfı tanımlamaları ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, Hatay ili İskenderun ilçesindeki yerleşim yerlerinden seçilen muhtelif konumlarda; eş salınım durumunda zemin etkisini incelemek üzere birtakım periyotlar kullanılarak, TDY 2007 ve TBDY 2018'de yer alan eş zemin özelliklerine göre hesap edilen, birim ağırlığa etkiyen taban kesme kuvvetleri nicel olarak kıyaslanmıştır. TDY 2007 ve TBDY 2018 için ortak nitelikli zemin özelliklerinin, her bir yönetmelikteki yerel zemin sınıfı karşılığı tespit edilerek, tüm titreşim periyotları için yapı ağırlığına etki eden toplam eşdeğer deprem yükleri hesaplanmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda; birim ağırlığa gelen taban kesme kuvvetlerinin, TBDY 2018'deki yerel zemin sınıfları için daha hassas sonuçlar verdiği ve tüm doğal titreşim periyotlarında, zemin sınıf derecesiyle ters orantılı olarak değiştiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** TDY 2007, TBDY 2018, deprem zemin sınıfı, taban kesme kuvveti

**The Effect of Local Soil Class Definitions on Base Shear Force According to TEC 2007 and TEC 2018: A Numerical Analysis on Iskenderun**

**ABSTRACT:** In our country, Turkey Building Earthquake Code (TEC) 2018 has been put forward many new designs and analysis principles with the release, and unlike Turkey Earthquake Code (TEC) 2007 which is the old code,

introduced a new local soil class definitions. In this study, the base shear forces affecting the unit weight calculated according to the equivalent soil properties in TEC 2007 and TEC 2018 were quantitatively compared, using the periods used to examine the soil effect in case of co-oscillation in various locations selected from settlements in Iskenderun district of Hatay province. For TEC 2007 and TEC 2018, the local soil class equivalents of the common soil properties in each code were determined, and the total equivalent seismic loads affecting the weight of the structure for all-natural periods were calculated. As a result of the comparisons made in the study, it was observed that the base shear forces affecting the unit weight were given more sensitive results for the local soil classes in TEC 2018, and in all-natural periods, it has been seen to vary inversely with the grade of the local soil class.

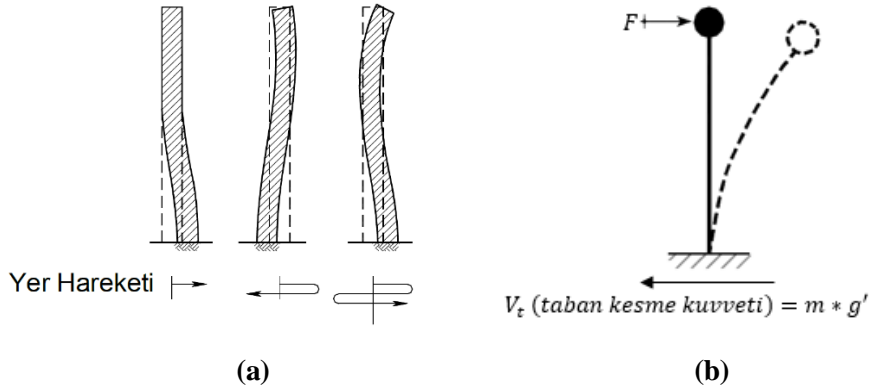
**Keywords:** TEC 2007, TEC 2018, earthquake soil class, base shear force

## 1. GİRİŞ

Türkiye, geçmiş kayıtlardan bilindiği üzere şiddetli depremlerin yaşandığı ve bulunduğu coğrafik konumdan ötürü yeni depremlerin yaşanabileceği sismik tehlike altında olan bir ülkedir. Bu nedenle ülkemizde yapılacak binaların deprem etkisindeki tasarım esasları; 18 Mart 2018 tarihinde T.C. Resmi Gazete 'de yayımlanan TBDY 2018'de ifade edilmiş ve eski yönetmelik olan TDY 2007 yürürlükten kaldırılmıştır. TDY 2007'nin bağlı olduğu deprem bölgeleri haritası kaldırılarak yerine AFAD (2018) tarafından bir deprem tehlike haritası (TDTH) hazırlanmıştır. TDTH, bir deprem bölgesi haritası değil coğrafi noktasal konum esaslı bir kontur harita uygulaması olarak sunulmuştur (AFAD, 2018). Deprem tehlike haritası, en büyük yer ivmesi (PGA) cinsi yerine noktasal spektral ivmeler cinsinden ortaya konulmuştur (Sucuoğlu, 2019).

Bir deprem esnasında, yapının altında yer alan bir zemin; titreşim hareketi yaparak yapının tabanının zeminle birlikte yer değiştirmesine yol açmakta ve bu yapının kütlelerinin ataleti, harekete karşı durup yapıda yatay ve düşey atalet kuvvetlerinin oluşmasına, atalet kuvvetleri doğrultusunda ise yapıda hareketten kaynaklı salınım yoluyla yer değiştirmelerin görülmesine neden olmaktadır (Darılmaz, 2019). Şekil 1a'da bir deprem anında yapı davranışı, Şekil 1b'de ise deprem kuvveti etkisindeki bir yapının idealize modeli (tek serbestlik dereceli) gösterilmiştir. Deprem kuvveti ( $F$ ) altındaki bir yapı Şekil 1b'deki gibi tek serbestlik dereceli bir sistem olarak idealize edildiğinde, deprem kuvvetine maruz kalan yapı modelinin tabanında bir kesme kuvveti oluşmaktadır. Taban kesme kuvveti ( $V_i$ ), yapı kütlesi ile yapıya etki eden

spektral ivmenin ( $g'$ ) çarpımıdır. Spektral ivmenin belirlenmesinde kullanılan, yapının doğal titreşim periyodu ise yapının kütlesi ve rijitliği gibi tabii yapısal özelliklerine bağlıdır (Darılmaz, 2019).



**Şekil 1.** a) Bir deprem anında yapının davranış çeşitleri (Darılmaz, 2019); b) Tek serbestlik dereceli idealize sistemde taban kesme kuvveti (Darılmaz, 2019) Bu çalışmada, Hatay ili İskenderun ilçesinden seçilen muhtelif konumlarda; eş salınım durumunda yerel zemin sınıfı etkisini araştırmak için; TDY 2007 ve TBDY 2018'de yer alan eş zemin özelliklerine göre doğal periyotlardan hesap edilen, birim ağırlığa etkiyen taban kesme kuvvetleri sayısal olarak karşılaştırılmıştır. TDY 2007 ve TBDY 2018 için ortak nitelikli zemin özelliklerinin, ilgili yönetmelikteki yerel zemin sınıfı karşılığı saptanmış ve tüm titreşim periyotları için yapı ağırlığına gelen toplam eş-değer deprem yükleri hesaplanmıştır.

## 2. TEORİ

TDY 2007 ve TBDY 2018'de kayma dalgası hızı, serbest basınç direnci, standart penetrasyon değeri, görelî sıklık gibi gereken zemin parametrelerine göre tespit edilen yerel zemin sınıfları; yönetmeliklerde yer aldıkları biçimde Çizelge 1, Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 1. TDY 2007'e göre zemin grubu tanımları

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar....	—	—	> 1000	> 1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl.....	> 50	85–100	—	> 700
	3. Sert kil ve siltli kil.....	> 32	—	> 400	> 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar....	—	—	500–1000	700–1000
	2. Sıkı kum, çakıl.....	30–50	65–85	—	400–700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16–32	—	200–400	300–700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.....	—	—	< 500	400–700
	2. Orta sıkı kum, çakıl.....	10–30	35–65	—	200–400
	3. Katı kil ve siltli kil.....	8–16	—	100–200	200–300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları.....	—	—	—	< 200
	2. Gevşek kum.....	< 10	< 35	—	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil.....	< 8	—	< 100	< 200

TDY 2007'de yerel zemin sınıfları; Çizelge 4a'da verilen etkin yer ivmesi katsayısı ( $A_0$ ) ile Çizelge 4b'de ifade edilen spektrum karakteristik periyotlarının ( $T_A$  ve  $T_B$ ) tespiti amacıyla kullanılmaktadır. TDY 2007 için kullanılan deprem bölgeleri haritası ise Şekil 2a'da verilmiştir.

**Çizelge 2. TBDY 2018'e göre yerel zemin sınıfları**

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

**Çizelge 3. TDY 2007'e göre yerel zemin sınıfları**

Yerel Zemin Sınıfı	Tablo 6.1'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı ( $h_1$ )
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

**Çizelge 4.** a) TDY 2007'de deprem bölgesine bağlı olarak etkin yer ivmesi katsayısı ( $A_0$ ); b) TDY 2007'de yerel zemin sınıfına bağlı olarak  $T_A$  ve  $T_B$  periyotları

(a)		(b)		
Deprem Bölgesi	Etkin Yer İvmesi Katsayısı, $A_0$	Yerel Zemin Sınıfı	$T_A$ (sn)	$T_B$ (sn)
1	0.40	Z1	0.10	0.30
2	0.30	Z2	0.15	0.40
3	0.20	Z3	0.15	0.60
4	0.10	Z4	0.20	0.90

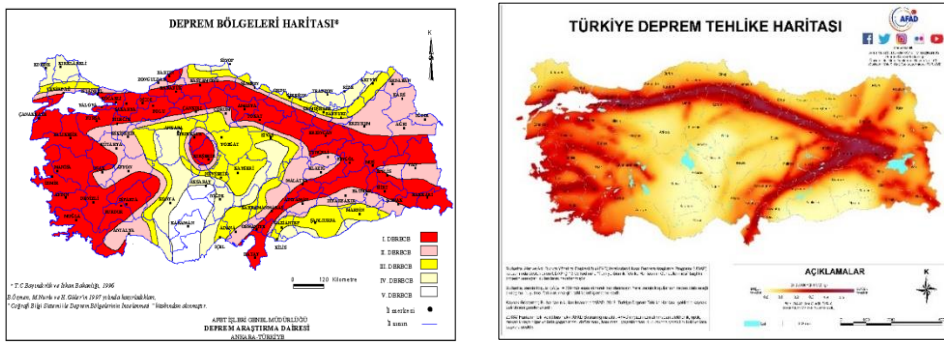
TDY 2007'de yerel zemin sınıfına göre belirlenen etkin yer ivmesi katsayısı ( $A_0$ ), spektrum karakteristik periyotları ( $T_A$  ve  $T_B$ ) ve binanın doğal periyodu ( $T$ ) kullanılarak, Eşitlik 1'de yer alan denklemlere göre spektrum katsayısı ( $S(T)$ ) hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}
 S(T) &= 1 + 1.5 * \frac{T}{T_A} & 0 \leq T \leq T_A \\
 S(T) &= 2.5 & T_A < T \leq T_B \quad \text{TDY 2007} \quad (1) \\
 S(T) &= 2.5 * \left(\frac{T_B}{T}\right)^{0.8} & T_B < T
 \end{aligned}$$

Eşitlik 1'deki spektrum katsayısı ( $S(T)$ ), Çizelge 4a'deki etkin yer ivmesi katsayısı ( $A_0$ ) ve bina önem katsayısı ( $I$ ) kullanılarak, deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan spektral ivme katsayısı ( $A(T)$ ), Eşitlik 2'de yer alan denklemlerle hesaplanmaktadır. TDY 2007'de %5 sönüm oranı için tanımlanmış elastik ivme spektrumunun ordinatı olan, elastik spektral ivme ( $S_{ae}(T)$ ); spektral ivme katsayısı ( $A(T)$ ) ile yer çekimi ivmesinin ( $g$ ) çarpımıdır (Eşitlik 2).

$$\begin{aligned}
 A(T) &= A_0 * I * S(T) \\
 S_{ae}(T) &= A(T) * g
 \end{aligned}
 \quad \text{TDY 2007} \quad (2)$$

TBDY 2018'in yürürlüğe girmesiyle birlikte, yönetmelik kapsamında, 1996 tarihli deprem bölgeleri haritası yerine 2018 tarihli deprem tehlike haritası kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 2). TBDY 2018'de, yeni deprem tehlike haritasından elde edilen, boyutsuz harita spektral ivme katsayıları ( $S_S$  ve  $S_I$ ) kavramı yer almaktadır.  $S_S$  kısa periyot harita spektral ivme katsayısı iken  $S_I$  1.0 saniye periyot harita spektral ivme katsayısıdır ve bu katsayılar AFAD (2018) tarafından yayımlanan interaktif Türkiye deprem tehlike haritası ara yüzünden elde edilebilmektedir.



(a)

(b)

**Şekil 2.** Türkiye'deki ulusal yönetmeliklerin bağlı olduğu deprem haritaları: a) TDY 2007 için kullanılan deprem bölgeleri haritası (Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1996); b) TBDY 2018 için kullanılan deprem tehlike haritası (AFAD, 2018)

Şekil 2b'de verilen deprem tehlike haritasından elde edilen, boyutsuz harita spektral ivme katsayıları ( $S_S$  ve  $S_I$ ) ile Çizelge 5'deki yerel zemin sınıfına karşılık verilen yerel zemin etki katsayıları ( $F_S$  ve  $F_I$ ) kullanılarak, Eşitlik 3'te yer alan denklemlere göre tasarım spektral ivme katsayıları ( $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ ) hesaplanmaktadır.

$$S_{DS} = S_S * F_S$$

$$S_{D1} = S_I * F_I$$

TBDY 2018 (3)

**Çizelge 5.** TBDY 2018'de yerel zemin sınıfına bağlı olarak kısa periyot ve 1.0 saniye periyot bölgeleri için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa Periyot Bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_s$						1.0 Saniye Periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_1$					
	$S_s \leq 0.2$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.7$	$S_s = 1.0$	$S_s = 1.2$	$S_s \geq 1.5$	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 = 0.5$	$S_1 \geq 0.6$
	5	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır</i>											

Eşitlik 3'teki tasarım spektral ivme katsayıları ( $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ ) kullanılarak, yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyotları olan  $T_A$  ve  $T_B$ , Eşitlik 4'te yer alan denklemlerle bulunmaktadır.

$$T_A = 0.2 * \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_L = 6s \quad \text{TBDY 2018} \quad (4)$$

TBDY 2018'e göre, herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan, yatay elastik tasarım spektral ivmeleri  $S_{ae}(T)$ ; doğal titreşim periyodu ( $T$ ), yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyotları ( $T_A$  ve  $T_B$ ) ve tasarım spektral ivme katsayılarına ( $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$ ) bağlı olarak, yerçekimi ivmesi ( $g$ ) cinsinden Eşitlik 5'deki denklemler üzerinden tanımlanmıştır.

$$\begin{aligned}
 S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 * \frac{T}{T_A}\right) * S_{DS} & 0 \leq T \leq T_A \\
 S_{ae}(T) &= S_{DS} & T_A < T \leq T_B \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & T_B < T \leq T_L \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} * T_L}{T^2} & T_L < T
 \end{aligned}
 \quad \text{TBDY 2018} \quad (5)$$

TDY 2007'ye göre depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışı ele alındığında, spektral ivme katsayısına göre bulunan elastik deprem yükleri, Eşitlik 6'da tanımlanan deprem yükü azaltma katsayısına ( $R_a(T)$ ) bölünmesi gerekmektedir. Deprem yükü azaltma katsayısı ( $R_a(T)$ ), çeşitli taşıyıcı sistemler için TDY 2007'de tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısına ( $R$ ) ve doğal titreşim periyodu ( $T$ )'ye göre belirlenmektedir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) * \frac{T}{T_A} \quad 0 \leq T \leq T_A \quad \text{TDY 2007} \quad (6)$$

$$R_a(T) = R \quad T_A < T$$

TBDY 2018'de doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak deprem yükü azaltma katsayısı ( $R_a(T)$ ), Eşitlik 7'de yer alan denklemlerle tanımlanmıştır. Bina önem katsayısı ( $I$ ), taşıyıcı sistem davranış katsayısı ( $R$ ) ve dayanım fazlalığı katsayısı ( $D$ ); TBDY 2018'de bina kullanım amacına, bina taşıyıcı sistemi türüne ve izin verilen bina yükseklik sınıfına göre tanımlı kılavuz çizelgeler yardımıyla saptanabilmektedir.

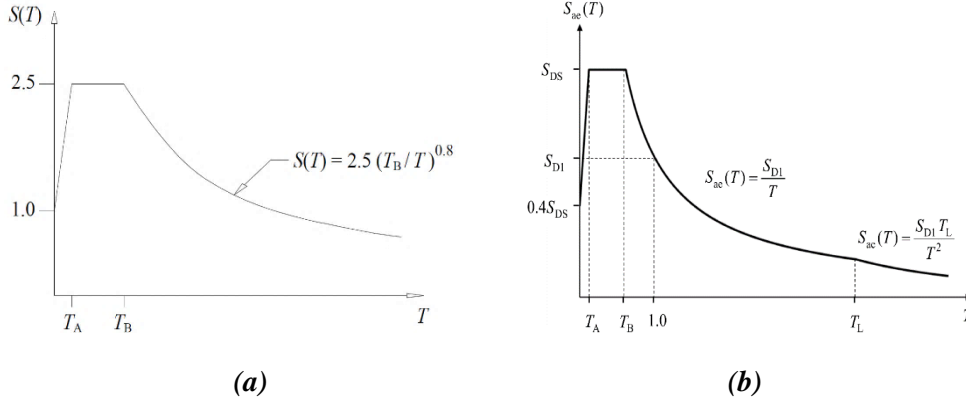
$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad \text{TBDY 2018} \quad (7)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) * \frac{T}{T_B} \quad T < T_B$$

TBDY 2018'e göre azaltılmış tasarım ivme spektrumunun, doğal bir titreşim periyodu için ordinatı olan azaltılmış tasarım spektral ivmesi ( $S_{aR}(T)$ ), Eşitlik 8'de gösterilmiştir.  $S_{ae}(T)$  Eşitlik 5'teki yatay elastik tasarım spektral ivmesini,  $R_a(T)$  ise Eşitlik 7'deki deprem yükü azaltma katsayısını ifade etmektedir.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad \text{TBDY 2018} \quad (8)$$

Eşitlik 1 kullanılarak çizilen TDY 2007'deki spektrum katsayısı eğrisi ile Eşitlik 3-5 kullanılarak çizilen TBDY 2018'deki yatay elastik tasarım spektral ivme eğrisi Şekil 3'te verilmiştir.



**Şekil 3.** Türkiye'deki ulusal yönetmeliklerde ifade edilen ivme spektrumları: a) TDY 2007'de spektrum katsayısı eğrisi; b) TBDY 2018'de yatay elastik tasarım spektral ivme eğrisi

TDY 2007'e göre taban kesme kuvveti (toplam eşdeğer deprem yükü)  $V_t$  hesabı Eşitlik 9'da verilmiştir. Taban kesme kuvveti ( $V_t$ ); bina ağırlığına ( $W$ ), spektral ivme katsayısına ( $A(T)$ ), deprem yükü azaltma katsayısına ( $R_a(T)$ ) ve bina birinci doğal titreşim periyoduna ( $T_1$ ) bağlıdır.

$$V_t = \frac{W * A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 * A_o * I * W \quad \text{TDY 2007} \quad (9)$$

TBDY 2018'e göre taban kesme kuvveti (toplam eşdeğer deprem yükü)  $V_t$  hesabı Eşitlik 10'da verilmiştir. Taban kesme kuvveti ( $V_t$ ); bina kütleğine ( $m_t$ ), azaltılmış tasarım spektral ivmesine ( $S_{aR}(T)$ ) ve bina hâkim doğal titreşim periyoduna ( $T_p$ ) bağlıdır.

$$V_t = m_t * S_{aR}(T_p) \geq 0.04 * m_t * I * S_{DS} * g \quad \text{TBDY 2018} \quad (10)$$

Bir yapıya etki eden taban kesme kuvvetinin ( $V_t$ ) hesabında; ilgili yapının TDY 2007 ve TBDY 2018 kapsamında eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılabileceği binalar arasında olmasına dikkat edilmelidir. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar; TDY 2007'de Bölüm 2.6'da, TBDY 2018'de ise Bölüm 4.6'da açık olarak belirtilmiştir.

### 3. TASARIM

Bu çalışmada kullanılan İskenderun ilçesindeki muhtelif bölgelere ait koordinat bilgileri ve sahaya özel sismik verileri ile TDY 2007 ve TBDY 2018'de yer alan ortak nitelikli zemin özellikleri derlenerek yaklaşık eşdeğer yerel zemin sınıfları Çizelge 6'da sunulmuştur. Tasarım esnasında verilen yapısal koşullar, TDY 2007-Bölüm 2.6 ve TBDY 2018-Bölüm 4.6'da yer alan eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabildiği bina koşulları olarak kabul edilmiştir. TBDY 2018'de ZF türü zemin sahaya özel analiz gerektirdiğinden, hesaplara katılmamıştır. TDY 2007 ve TBDY 2018 için eşdeğer yerel zemin sınıfları belirlenen örnek zeminler üzerinde; eş salınım durumunda zemin etkisini incelemek için; Çizelge 6'daki doğal bina periyotları ile Çizelge 7'deki ortak yapısal nitelikler kullanılarak TDY 2007 ve TBDY 2018'e göre taban kesme kuvvetleri (toplam eşdeğer deprem yükü), birim yapı ağırlığı cinsinden hesaplanmıştır.

**Çizelge 6.** Sayısal çözümlemede kullanılan zemin özellikleri ve yerel zemin sınıfı karşılıkları, enlem ve boylam bilgileri, boyutsuz harita spektral ivme katsayıları ile eş salınım periyotları

Örnek min	Ze- Tanımlayıcı Bilgi	Yaklaşık	TDY 2007	TBDY 2018	Enlem (°)	Boylam (°)	S <sub>s</sub>	S <sub>1</sub>
Zemin01	Sert Kaya		Z1	ZA	36.616369	36.219338	0.792	0.219
Zemin02	Orta Sağlam Kaya		Z1	ZB	36.564327	36.182138	0.762	0.213
Zemin03	Sert Kil		Z1	ZC	36.551924	36.157098	0.735	0.207
Zemin04	Çok Sıkı Kum		Z1	ZC	36.583763	36.163528	0.719	0.203
Zemin05	Çok Katı Kil		Z2	ZD	36.591435	36.156874	0.706	0.200
Zemin06	Sıkı Kum		Z2	ZD	<b>Örnek Periyot</b>			
Zemin07	Orta Sıkı Kum		Z3	ZD		T01		0.65
Zemin08	Katı Kil		Z3	ZE		T02		0.95
Zemin09	Gevşek Kum		Z4	ZE		T03		1.25
Zemin10	Yumuşak Kil		Z4	ZE		T04		1.55

**Çizelge 7.** Taban kesme kuvvetleri hesabında TDY 2007 ve TBDY 2018'e göre gerekli olan ve çalışmada kullanılan diğer parametre değerleri

Veri	TDY 2007		TBDY 2018	
	Değer	Kaynakça	Değer	Kaynakça
<b>I</b>	1.0	TDY 2007 Tablo 2.3	1.0	TBDY 2018 Tablo 3.1
<b>R</b>	7	TDY 2007 Tablo 2.5	7	TBDY 2018 Tablo 4.1
<b>A<sub>o</sub></b>	0.40	TDY 2007 Tablo 2.2	-	-
<b>D</b>	-	-	2.5	TBDY 2018 Tablo 4.1
<b>DD</b>	-	-	DD-2	TBDY 2018 Madde 2.2.2.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yerel zemin sınıfları ve doğal bina periyotları (Çizelge 6) ile ortak yapısal nitelikler (Çizelge 7) kullanılarak, TDY 2007 ve TBDY 2018'e göre yapılan çözümlenmeler sonucu elde edilen, birim ağırlığa etki eden taban kesme kuvvetleri Çizelge 8-11 arasında sunulmuştur.

**Çizelge 8.**  $T=0,65$  sn için yerel zemin sınıfına göre birim ağırlığa gelen taban kesme kuvvetleri

Zemin Özel- likleri	Sert Kaya		Orta Sağlam Kaya		Sert Kil Çok Sıkı Kum	
	Z1 (TDY 2007)	ZA (TBDY 2018)	Z1 (TDY 2007)	ZB (TBDY 2018)	Z1 (TDY 2007)	ZC (TBDY 2018)
<b>V<sub>t01</sub> (mg)</b>	0.07696	0.03851	0.07696	0.03851	0.07696	0.07220
<b>V<sub>t02</sub> (mg)</b>	0.07696	0.03745	0.07696	0.03745	0.07696	0.07022
<b>V<sub>t03</sub> (mg)</b>	0.07696	0.03640	0.07696	0.03640	0.07696	0.06824
<b>V<sub>t04</sub> (mg)</b>	0.07696	0.03569	0.07696	0.03569	0.07696	0.06692
<b>V<sub>t05</sub> (mg)</b>	0.07696	0.03516	0.07696	0.03516	0.07696	0.06593

Zemin Özellikleri	Çok Katı Kil Sıkı Kum		Orta Sıkı Kum		Katı Kil		Gevşek Kum Yumuşak Kil	
	Z2 (TDY 2007)	ZD (TBDY 2018)	Z3 (TDY 2007)	ZD (TBDY 2018)	Z3 (TDY 2007)	ZE (TBDY 2018)	Z4 (TDY 2007)	ZE (TBDY 2018)
<b>V<sub>t01</sub> (mg)</b>	0.09688	0.10406	0.13400	0.10406	0.13400	0.15015	0.14286	0.15015
<b>V<sub>t02</sub> (mg)</b>	0.09688	0.10177	0.13400	0.10177	0.13400	0.14733	0.14286	0.14733
<b>V<sub>t03</sub> (mg)</b>	0.09688	0.09945	0.13400	0.09945	0.13400	0.14499	0.14286	0.14499
<b>V<sub>t04</sub> (mg)</b>	0.09688	0.09789	0.13400	0.09789	0.13400	0.14362	0.14286	0.14362
<b>V<sub>t05</sub> (mg)</b>	0.09688	0.09670	0.13400	0.09670	0.13400	0.14254	0.14286	0.14254

**Çizelge 9.**  $T=0,95$  sn için yerel zemin sınıfına göre birim ağırlığa gelen taban kesme kuvvetleri

Zemin Özellikleri	Sert Kaya		Orta Sağlam Kaya		Sert Kil Çok Sıkı Kum	
	Z1 (TDY 2007)	ZA (TBDY 2018)	Z1 (TDY 2007)	ZB (TBDY 2018)	Z1 (TDY 2007)	ZC (TBDY 2018)
<b>V<sub>t01</sub> (mg)</b>	0.05681	0.02635	0.05681	0.02851	0.05681	0.04940
<b>V<sub>t02</sub> (mg)</b>	0.05681	0.02562	0.05681	0.02743	0.05681	0.04805
<b>V<sub>t03</sub> (mg)</b>	0.05681	0.02490	0.05681	0.02646	0.05681	0.04669
<b>V<sub>t04</sub> (mg)</b>	0.05681	0.02442	0.05681	0.02588	0.05681	0.04579
<b>V<sub>t05</sub> (mg)</b>	0.05681	0.02406	0.05681	0.02542	0.05681	0.04511

Zemin Özellikleri	Çok Katı Kil Sıkı Kum		Orta Sıkı Kum		Katı Kil		Gevşek Kum Yumuşak Kil	
	Z2 (TDY 2007)	ZD (TBDY 2018)	Z3 (TDY 2007)	ZD (TBDY 2018)	Z3 (TDY 2007)	ZE (TBDY 2018)	Z4 (TDY 2007)	ZE (TBDY 2018)
<b>V<sub>t01</sub> (mg)</b>	0.07151	0.07120	0.09891	0.07120	0.09891	0.10555	0.13681	0.10555
<b>V<sub>t02</sub> (mg)</b>	0.07151	0.06963	0.09891	0.06963	0.09891	0.10362	0.13681	0.10362
<b>V<sub>t03</sub> (mg)</b>	0.07151	0.06805	0.09891	0.06805	0.09891	0.10163	0.13681	0.10163
<b>V<sub>t04</sub> (mg)</b>	0.07151	0.06697	0.09891	0.06697	0.09891	0.10028	0.13681	0.10028
<b>V<sub>t05</sub> (mg)</b>	0.07151	0.06617	0.09891	0.06617	0.09891	0.09925	0.13681	0.09925

**Çizelge 10.**  $T=1,25$  sn için yerel zemin sınıfına göre birim ağırlığa gelen taban kesme kuvvetleri

Zemin Özellikleri	Sert Kaya		Orta Sağlam Kaya		Sert Kil Çok Sıkı Kum	
	Z1 (TDY 2007)	ZA (TBDY 2018)	Z1 (TDY 2007)	ZB (TBDY 2018)	Z1 (TDY 2007)	ZC (TBDY 2018)
<b>V<sub>t01</sub> (mg)</b>	0.04561	0.02534	0.04561	0.02851	0.04561	0.03802
<b>V<sub>t02</sub> (mg)</b>	0.04561	0.02438	0.04561	0.02743	0.04561	0.03658
<b>V<sub>t03</sub> (mg)</b>	0.04561	0.02352	0.04561	0.02646	0.04561	0.03549
<b>V<sub>t04</sub> (mg)</b>	0.04561	0.02301	0.04561	0.02588	0.04561	0.03487
<b>V<sub>t05</sub> (mg)</b>	0.04561	0.02259	0.04561	0.02542	0.04561	0.03439

Zemin Özellikleri	Çok Katı Kil Sıkı Kum		Orta Sıkı Kum		Katı Kil		Gevşek Kum Yumuşak Kil	
	Z2 (TDY 2007)	ZD (TBDY 2018)	Z3 (TDY 2007)	ZD (TBDY 2018)	Z3 (TDY 2007)	ZE (TBDY 2018)	Z4 (TDY 2007)	ZE (TBDY 2018)
<b>V<sub>t01</sub> (mg)</b>	0.05741	0.05411	0.07941	0.05411	0.07941	0.08022	0.10984	0.08022
<b>V<sub>t02</sub> (mg)</b>	0.05741	0.05292	0.07941	0.05292	0.07941	0.07875	0.10984	0.07875
<b>V<sub>t03</sub> (mg)</b>	0.05741	0.05171	0.07941	0.05171	0.07941	0.07724	0.10984	0.07724
<b>V<sub>t04</sub> (mg)</b>	0.05741	0.05090	0.07941	0.05090	0.07941	0.07621	0.10984	0.07621
<b>V<sub>t05</sub> (mg)</b>	0.05741	0.05029	0.07941	0.05029	0.07941	0.07543	0.10984	0.07543

**Çizelge 11.**  $T=1,55$  sn için yerel zemin sınıfına göre birim ağırlığa gelen taban kesme kuvvetleri

Zemin Özellikleri	Sert Kaya		Orta Sağlam Kaya		Sert Çok Sıkı Kum		Kil
	Z1 (TDY 2007)	ZA (TBDY 2018)	Z1 (TDY 2007)	ZB (TBDY 2018)	Z1 (TDY 2007)	ZC (TBDY 2018)	
<b>V<sub>t01</sub> (mg)</b>	0.04000	0.02534	0.04000	0.02851	0.04000	0.03802	
<b>V<sub>t02</sub> (mg)</b>	0.04000	0.02438	0.04000	0.02743	0.04000	0.03658	
<b>V<sub>t03</sub> (mg)</b>	0.04000	0.02352	0.04000	0.02646	0.04000	0.03546	
<b>V<sub>t04</sub> (mg)</b>	0.04000	0.02301	0.04000	0.02588	0.04000	0.03487	
<b>V<sub>t05</sub> (mg)</b>	0.04000	0.02259	0.04000	0.02542	0.04000	0.03439	

Zemin Özellikleri	Çok Katı Kil Sıkı Kum		Orta Sıkı Kum		Katı Kil		Gevşek Kum Yumuşak Kil	
	Z2 (TDY 2007)	ZD (TBDY 2018)	Z3 (TDY 2007)	ZD (TBDY 2018)	Z3 (TDY 2007)	ZE (TBDY 2018)	Z4 (TDY 2007)	ZE (TBDY 2018)
<b>V<sub>t01</sub> (mg)</b>	0.04834	0.04364	0.06686	0.04364	0.06686	0.06469	0.09248	0.06469
<b>V<sub>t02</sub> (mg)</b>	0.04834	0.04268	0.06686	0.04268	0.06686	0.06351	0.09248	0.06351
<b>V<sub>t03</sub> (mg)</b>	0.04834	0.04171	0.06686	0.04171	0.06686	0.06229	0.09248	0.06229
<b>V<sub>t04</sub> (mg)</b>	0.04834	0.04105	0.06686	0.04105	0.06686	0.06146	0.09248	0.06146
<b>V<sub>t05</sub> (mg)</b>	0.04834	0.04055	0.06686	0.04055	0.06686	0.06083	0.09248	0.06083

Çizelge 8-11 arasında sunulan birim yapı ağırlığına gelen taban kesme kuvvetlerinin, hesap edilen tüm konumlara göre alınan ortalama birim taban kesme kuvvetleri; her bir bina periyodu ve yerel zemin sınıfı için tasnif edilip, Çizelge 12 ve Çizelge 13'te yüzdesel olarak gösterilmiştir.

**Çizelge 12.** Tüm tasarım periyotlarına karşılık Z1-ZA, Z1-ZB ve Z1-ZC yerel zemin sınıfları için hesaplanan birim ağırlığa etki eden ortalama taban kesme kuvvetleri yüzdesi

Zemin Özellikleri	Sert Kaya		Orta Sağlam Kaya		Sert Kil Çok Sıkı Kum	
	Z1 (TDY 2007)	ZA (TBDY 2018)	Z1 (TDY 2007)	ZB (TBDY 2018)	Z1 (TDY 2007)	ZC (TBDY 2018)
<b>T = 0.65 için</b>						
<b>V<sub>t ort</sub> (mg)</b>	7.70%	3.66%	7.70%	3.66%	7.70%	6.87%
<b>T = 0.95 için</b>						
<b>V<sub>t ort</sub> (mg)</b>	5.68%	2.51%	5.68%	2.67%	5.68%	4.70%

<b>T = 1.25 için</b>							
<b>V<sub>t ort</sub> (mg)</b>	4.56%	2.38%	4.56%	2.67%	4.56%	3.59%	
<b>T = 1.55 için</b>							
<b>V<sub>t ort</sub> (mg)</b>	4.00%	2.38%	4.00%	2.67%	4.00%	3.59%	

**Çizelge 13.** Tüm tasarım periyotlarına karşılık Z2-ZD, Z3-ZD, Z3-Z3 ve Z4-ZE yerel zemin sınıfları için hesaplanan birim ağırlığa etki eden ortalama taban kesme kuvvetleri yüzdesi

<b>Zemin Özellikleri</b>	<b>Çok Katı Kil Sıkı Kum</b>		<b>Orta Sıkı Kum</b>		<b>Katı Kil</b>		<b>Gevşek Kum Yumuşak Kil</b>	
	<b>Z2</b>	<b>ZD</b>	<b>Z3</b>	<b>ZD</b>	<b>Z3</b>	<b>ZE</b>	<b>Z4</b>	<b>ZE</b>
<b>Yerel Zemin Sınıfı</b>	<b>(TDY 2007)</b>	<b>(TBDY 2018)</b>	<b>(TDY 2007)</b>	<b>(TBDY 2018)</b>	<b>(TDY 2007)</b>	<b>(TBDY 2018)</b>	<b>(TDY 2007)</b>	<b>(TBDY 2018)</b>
<b>T = 0.65 için</b>								
<b>V<sub>t ort</sub> (mg)</b>	9.69%	10.00%	13.40%	10.00%	13.40%	14.57%	14.29%	14.57%
<b>T = 0.95 için</b>								
<b>V<sub>t ort</sub> (mg)</b>	7.15%	6.84%	9.89%	6.84%	9.89%	10.21%	13.68%	10.21%
<b>T = 1.25 için</b>								
<b>V<sub>t ort</sub> (mg)</b>	5.74%	5.20%	7.94%	5.20%	7.94%	7.76%	10.98%	7.76%
<b>T = 1.55 için</b>								
<b>V<sub>t ort</sub> (mg)</b>	4.83%	4.19%	6.69%	4.19%	6.69%	6.26%	9.25%	6.26%

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Hatay ili İskenderun ilçesine ait muhtelif konumlarda; eş salınım durumunda zemin etkisini incelemek üzere örnek bina periyotları kullanılarak, TDY 2007 ve TBDY 2018'deki yaklaşık eşdeğer yerel zemin sınıfı (ZF hariç) şartlarına göre hesap edilen, birim ağırlığa gelen taban kesme kuvvetlerinin kıyaslaması yapılmıştır. Çalışmanın neticesinde, ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Doğal bina periyotları belli olan ve ortak yapısal nitelikleri verilen bir yapı için; bilinen zemin özelliklerinin, TDY 2007 ve TBDY 2018'deki yerel zemin sınıfı karşılıkları tespit edilerek, yapı ağırlığına etki eden toplam eşdeğer deprem yükleri hesaplanmıştır.
- $T=0,65$  saniye periyodu için TDY 2007'de sert kaya, sert kil, çok sıkı kum gibi Z1 sınıfı en iyi zeminlerde yapı ağırlığının 7.70%'i kadar taban kesme kuvveti etki ederken; gevşek kum, yumuşak kil gibi Z4 sınıfı en kötü zeminlerde yapı ağırlığının 14.29%'u kadar taban kesme kuvveti etki etmektedir. TDY 2007'de yerel zemin sınıfı Z1→Z4 doğru ilerledikçe etkileyen toplam eşdeğer deprem yükünün arttığı gözlemlenmiştir. TDY 2007 esaslı çözümlerde, diğer bina periyotları için de Z1→Z4 doğru, yapıya gelen taban kesme kuvveti artmıştır. Aynı nitelikli yapısal parametrelere göre artan doğal periyotlarda taban kesme kuvvetlerinin, tüm zeminlerde ekseriyetle azaldığı görülmüştür.
- $T=0,65$  saniye periyodu için TBDY 2018'de sert kaya gibi ZA sınıfı en iyi zeminlerde yapı ağırlığının 3.66%'sı kadar taban kesme kuvveti etki ederken; gevşek kum, yumuşak kil gibi ZE sınıfı en kötü zeminlerde yapı ağırlığının 14.57%'si kadar taban kesme kuvveti etki etmektedir. TBDY 2018'de yerel zemin sınıfı ZA→ZE doğru ilerledikçe etkileyen toplam eşdeğer deprem yükünün arttığı gözlemlenmiştir. TBDY 2018 esaslı çözümlerde, diğer bina periyotları için de ZA→ZE doğru, yapıya gelen taban kesme kuvveti artmıştır. Aynı nitelikli yapısal parametrelere göre artan doğal periyotlarda taban kesme kuvvetlerinin, tüm zeminlerde (ZF sınıfı hariç) ekseriyetle azaldığı görülmüştür.
- Çalışmada yapılan çözümlemelere göre ortak nitelikli yapısal özelliklerde ve aynı doğal bina periyotlarında, sert kaya ve orta sağlam kaya türü zeminlerde taban kesme kuvvetinin TBDY 2018'de önemli oranda azaldığı görülmüştür. Sert kil, çok katı kil, çok sıkı kum ve sıkı kum türü zeminlerde taban kesme kuvvetinin, yönetmelikler arasında belli miktarda farklılaştığı ve birbirine yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Orta sıkı kum, katı kil, gevşek kum ve yumuşak kil gibi nispeten zayıf-çok zayıf zeminlerde; TDY 2007 ile TBDY 2018 arasında belirgin miktarda taban kesme kuvvetleri farkları görülmüştür.
- TDY 2007 ve TBDY 2018'e göre yapılan çözümlmeler sonucunda bazı periyot geçişlerinde taban kesme kuvvetinin değişmediği görülmüştür. Bu periyot geçişleri, ilgili yönetmelikteki spektral tasarım ivmesi eğrisinde, sabit ivme bölgesinde kalmaktadır.
- TBDY 2018'de spektral ivme katsayılarının sahaya özel belirlenmesi ve yerel zemin sınıfı tanımlarının genişletilmesi nedeniyle, taban kesme kuvvetleri; TBDY 2018'de yapılan yeni çözümlleme esaslarına göre daha hassas sonuçlar verdiği görülmüştür.

## **KAYNAKLAR**

- AFAD (2018). T6rkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması (TDTH), Ankara. Erişim Adresi: <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>
- TBDY (2018). AFAD. T6rkiye Bina Deprem Y6netmeliği (TBDY 2018), Afet ve Acil Durum Y6netimi Başkanlığı, Ankara. Erişim Adresi: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1.pdf>
- TDY (2007). Bayındırlık ve İşkân Bakanlığı, 2007. Deprem B6lgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Y6netmelik (DBYBHY 2007), Ankara. Erişim Adresi: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3-1.pdf>
- Sucuoğlu H., (2019). New Improvements in the 2019 Building Earthquake Code of Turkey, Turk. J. Earthq. Res. 1 (1), 63-75.
- Darılmaz, K. (2019). Depreme Dayanıklı Binaların Tasarımına Giriş. Birsen Yayınevi. 2019.
- Afet İşleri Genel M6d6rl6ę6 (1996). T.C. Bayındırlık ve İşkân Bakanlığı, Afet İşleri Genel M6d6rl6ę6, Deprem Araştırma Dairesi. Deprem B6lgeleri Haritası. Ankara. T6rkiye.



# MARSHALL STABİLİTESİNİN BULANIK MANTIK KULLANILARAK TAHMİN EDİLMESİ

**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇALIŞICI**  
İSTE, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

**Mervan DEMİR**  
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

**ÖZET:** Marshall stabilite değeri karayollarında önemli ve elde edilmesi güç bir veridir. İki günü bulan bir deney sürecinde, hassas ve yüksek ısı ortamında oldukça zahmetli bir numune hazırlama süreci gerektirir. Bu çalışmada laboratuvar ortamında farklı özelliklere sahip hazırlanan 20 farklı Marshall numunesinin bitümlü bağlayıcının vizkozite, penetrasyon ve yumuşama noktası özellikleri kullanılarak bulanık mantık ile tahmin edilmesi çalışılmıştır. MATLAB uygulamasından bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak bu üç değer, (vizkozite, penetrasyon ve yumuşama noktası) değişken olarak tanımlanıp stabilite değeri başarılı bir şekilde tahmin edilmiştir. Program, her numuneyi %90-99 arası doğruluklarla öngörmeyi başarmıştır. Sonuçlar, ileri yıllarda laboratuvar ortamında harcanabilecek malzeme kullanımı, zaman, masraf, iş gücü gibi durumlardan kurtularak daha hızlı ve ekonomik şekilde sonuçlar elde edilebileceğini ispatlamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Marshall Stabilitesi, Bulanık Mantık, MATLAB

## Estimating of Marshall Stability by Fuzzy Logic

**ABSTRACT:** Marshall stability value is data that important and difficult to obtain in highways studies. It requires a very demanding sample preparation process in a sensitive and high-temperature environment in a test process of up to two days. In this study, 20 Marshall samples with different material properties were prepared under laboratory conditions. The aim of this study is to estimate the marshall stability value with fuzzy logic by considering the penetration, viscosity and softening point variables of the bituminous binder. Fuzzy logic models were performed by MATLAB program. As a result, the fuzzy logic model has been able to predict each sample with 90-99% accuracy. The results have proved that in the future, results can be obtained in a faster and more economical way by getting rid of the situations such as material usage, time, expense and labor that may be spent in the laboratory environment.

**Keywords:** Marshall stability, Fuzzy Logic, MATLAB

## 1. GİRİŞ

Yaya veya taşıt seyahati amacıyla tasarlanan üstyapılar, ulaşımı kolaylıkla ve emniyetli bir şekilde sağlamayı amaçlamaktadır (Wikipedia, tarih yok). Günümüzde inşa edilen üstyapılar genellikle rijit, esnek veya kompozit olarak inşa edilebilmektedir (Sağlık & Güngör, 2008). Ülkemizde sıklıkla tercih edilen üstyapı türü olan esnek kaplamalar dört temel katmandan meydana gelmektedir. Bunlar alt temel, temel, binder ve aşınma tabakalarıdır. Üstyapı kaplamalarının temel özelliklerinden biri trafikten dolayı oluşan yükleri zemine dağıtmaya çalışmaktır. Ayrıca tasarım yapılırken güvenlik, konfor ve ekonomik anlamda yeterlilik sağlamaları çok büyük önem taşımaktadır (Ahmedzade & Yılmaz, 2007). Farklı iklim şartları, yol bozulmaları, çatlaklar gibi durumlar yolun performansına ciddi oranda etkimektedir (Namlı & Kuloğlu, 2007). Üstyapının tasarım ömrüne yorulma, tekerlek izi, sökölme, soyulma, yığılma gibi bozulmalar sebebiyet vermektedir. Mühendisler de tasarım ömrüne etkileyen bu bozulmaları kabul edilebilir sınırlarda tutmaya çalışmaktadırlar (Ogundipe, 2016) (Kutluhan & Ağar, 2009).

Esnek üstyapı tabakalarının optimum bitüm oranını belirlemek için çeşitli metotlar vardır. Bu metotlardan biri olan Marshall stabilite metodu da ülkemizde en yaygın kullanılan esnek üstyapı stabilite metodudur. Ayrıca bu metot değeri, karayollarında önemli ve elde edilmesi güç bir veridir. İki günü bulan bir deney sürecinde, hassas ve yüksek ısı ortamında oldukça zahmetli bir numune hazırlama süreci gerektirir. Tasarım yapılırken asfalt-agrega karışımı ısıtıldıktan sonra 63.5 mm yükseklikteki 101.6 mm çaplı silindirik Marshall numuneleri hazırlanır. Akma ve stabilite değerlerini bulmak için bitümlü bağlayıcı ile agreganın homojen olarak karıştırılması ve sıkıştırılması ile elde edilen Marshall numunelerinin deformasyona karşı gösterdiği maksimum direncinin ölçümü yapılır (Atabey, 2019).

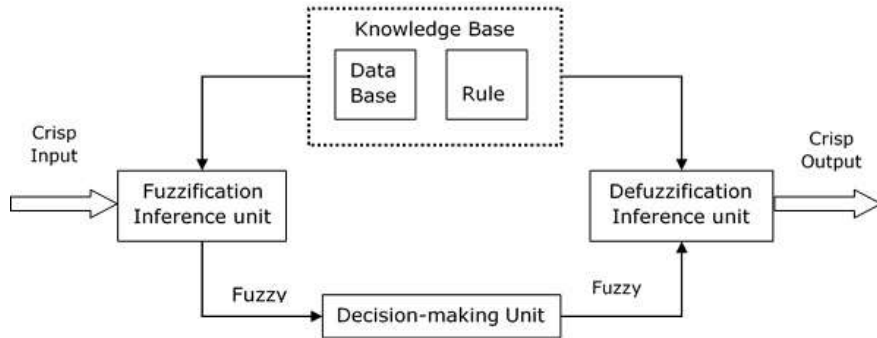
Son yıllarda yapay zekâ teknikleri inşaat mühendisliği alanında sıklıkla tercih edilmeye başlanmıştır. Yapay zekâ temelli çalışan bu metotlardan biri olan bulanık mantık yaklaşımı ise, insan davranışlarına benzer bir durumu taklit ederek tahmin yürütmeye çalışan uygulamalardandır. Örneğin "büyük olasılıkla doğru", "hafiften bir soğuk var sanki" ya da "yaklaşık olarak bu kadar" gibi kesinlik içermeyen bazı durumları açıklamaya çalışır (Enstitü, 2020). Morova ve arkadaşları asfalt beton karışımında kullanılması için belirlenecek optimum bitüm oranının bulanık mantık modellemesini yapmışlardır. Geliştirdikleri yöntemde basınç dayanımı tahmin çalışılmış ve yüksek oranda doğru tahminler elde etmişlerdir (Morova, Serin, & Terzi, 2011). Bir başka çalışmada Kara ve arkadaşları geri dönüştürülmüş seramik karo atık agregaların, bitümlü sıcak kaplamalar üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmada laboratuvar ortamında yaptıkları Marshall deney sonuçlarını ayrıca bitüm

oranı ve atık oranı değişkenlerini göz önünde bulundurularak bulanık mantık yaklaşımı ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Sonuçlarda yüksek oranda başarıya ulaşmışlardır (Kara & Karacasu, 2017). Özgan, bulanık mantık yaklaşımını kullanarak bekleme süresi ve sıcaklığa bağlı olarak bitümün farklı düktilite değerlerini modellemiştir. Program düktilite değerlerini %96 doğruluk oranıyla tahminde bulunmuştur (Özgan, 2008).

Bu çalışmada Marshall stabilite değerlerini tahmin etmek için bağlayıcı olarak kullanılan bitümün viskozite, penetrasyon, yumuşama noktası değerleri elde edilmiştir. Daha sonra mevcut çalışmada penetrasyon, vizkozite ve yumuşama noktası değişkenleri kullanılarak stabilite tahmini yapılmıştır.

## 2. BULANIK MANTIK

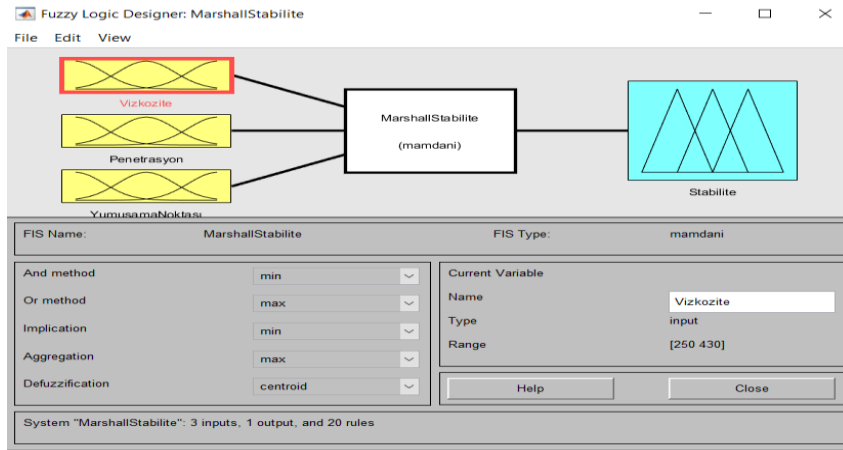
Bulanık mantık modelinin çalışma prensibi Şekil 1'de gösterilmektedir. Temel olarak girdi ve çıktılardan oluşan bu yapay zekâ metodu belli kurallar çerçevesinde "if-then" ile ifade edilmektedir. Yaklaşım, bu kurallara bağlı çalışan bir karar mekanizmasıdır. İlk kez Lotfi A. Zadeh isimli matematikçi tarafından 1965 yılında temeli oluşturulmuştur.



Şekil 1. Bulanık mantığın çalışma prensibi

Bulanık mantık uygulamasında fonksiyonlarını ayarlanırken triangular, trapezoidal, Gaussan gibi fonksiyon çeşitleri en sık kullanılan yöntemlerdendir (Yalçın, 2010). Bulanık mantık kümelerinde en çok tercih edilenler arasında birleşim, tümlleme ve kesişim işlemleri gösterilebilir (Çobanoğlu, 2000). Üyelik (membership) fonksiyonu olarak isimlendirilen fuzzy elemanları bulanık çıkarım sistemi (FIS, fuzzy inference system) kümesinin elemanlarını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada Marshall stabilitesini tahmin etmek için numunenin vizkozite, penetrasyon ve yumuşama noktası özellikleri değişken olarak tanımlanıp, stabilite değeri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tahmin için bulanık mantığın Mamdani metodu ve bulanıklaştırma için centroid ve fonksiyon kümesi için de üçgensel fonksiyon kümeleri kullanıldı (Şekil 2).



Şekil 2. Bulanık mantığın tasarım penceresi

### 3. MODEL VE BULGULAR

Laboratuvar ortamında farklı özelliklere sahip hazırlanan 20 farklı Marshall numunesinin bitümlü bağlayıcının vizkozite, penetrasyon ve yumuşama noktası değerleri aşağıdaki gibidir.

Numune	vizkozite	Penetrasyon	Yumuşama nok	Stabilite
1	253,2	53	46,7	903,3
2	253,3	53	46,9	911,5
3	260,0	51	47,2	972,0
4	260,0	51	48,0	916,2
5	262,3	51	47,3	953,0
6	263,0	51	47,3	904,0

7	263,3	51	47,5	870,0
8	266,7	44	48,0	975,0
9	276,7	42	48,8	1000,0
10	296,7	40	50,0	1100,0
11	330,0	38	50,3	874,0
12	336,0	37	50,5	860,0
13	340,0	37	50,5	855,4
14	340,0	36	51,0	836,6
15	346,7	37	50,8	839,0
16	366,7	32	51,3	832,0
17	376,7	29	52,0	841,1
18	376,7	29	52,0	847,2
19	378,6	29	52,3	840,2
20	427,3	26	54,0	700,0

**Tablo 1.** Laboratuvar ortamında elde edilen veriler

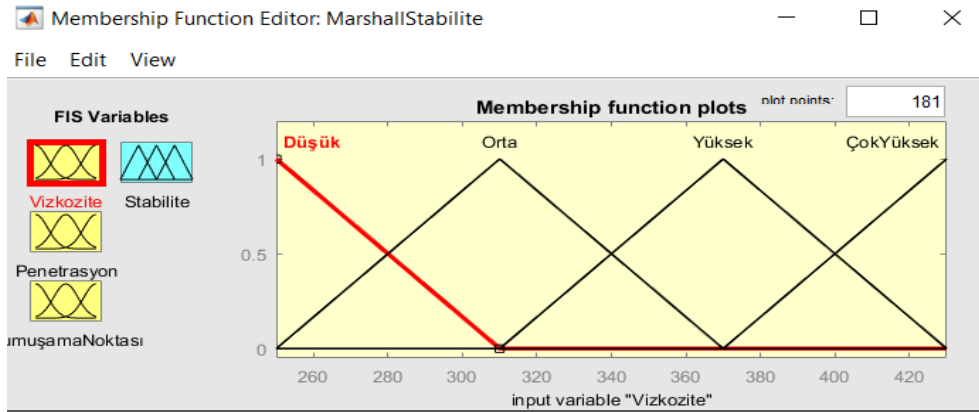
Bulanık mantık kümesi belirsiz bir kümeler topluluğunun yani değişkenlerin belirli kurallar çerçevesinde sonuç için yaklaşık bir tahminde bulunmaya çalışmaktadır (Novak & Perfilieva , 1999). Laboratuvardan elde edilen bu veriler, bulanık mantığın stabilite tahmini yaparken yüzde kaç doğrulukta tahminde bulunacağını öngörmeye çalışacaktır.

Vizkozite, penetrasyon ve yumuşama noktası değişkenlerinin her biri için “Düşük, Orta, Yüksek, ÇokYüksek” şeklinde dört farklı fonksiyon grubu oluşturuldu. Her değişken için stabilite tahmini yapılacağı zaman sadık kalınması gereken belirli sınır aralıkları seçildi. Bunlar sırasıyla vizkozite için 250-430, penetrasyon için 25-55, yumuşama noktası için de 45-55 değer aralıklarıdır. Ayrıca stabilite için de bulanık tahminde bulunacağı değer aralıkları 700-1000 şeklinde belirlendi (Şekil 3a-d).

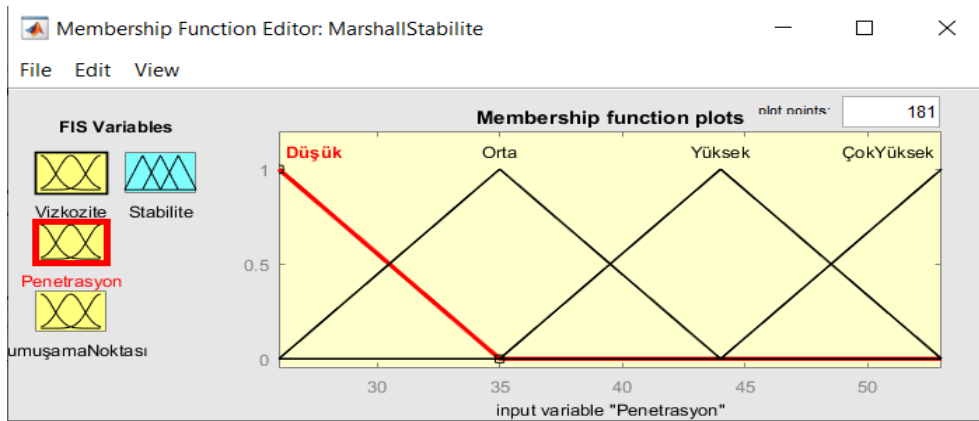
Her bir değişken için değer aralıkları belirlendikten sonra kurallar oluşturulmuştur. Bu çalışmada laboratuvar ortamından elde edilen numunelerin nitelikleri göz önünde bulundurularak ve “if-then” formatıyla bulanık mantığa 20 kural öğretilmiştir. Kurallar şekil 4’te görülmektedir. Belirlenen kurallara aşağıda iki örnekle açıklanmıştır,

“If (Vizkozite-*orta*) and (penetrasyon-*yüksek*) and (YumuşamaNoktası-*orta*) Then (Stabilite-*ÇokYüksek*)”

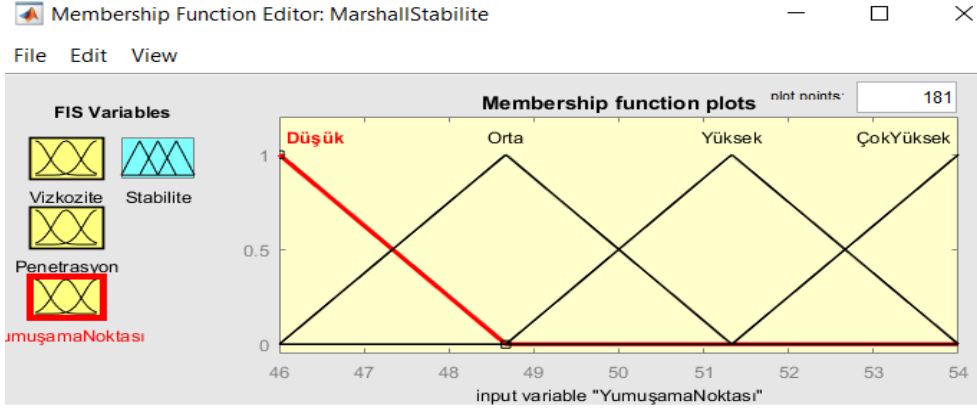
“If (Vizkozite-*çokyüksek*) and (penetrasyon-*düşük*) and (YumuşamaNoktası-*çokyüksek*) Then (Stabilite-*düşük*)”



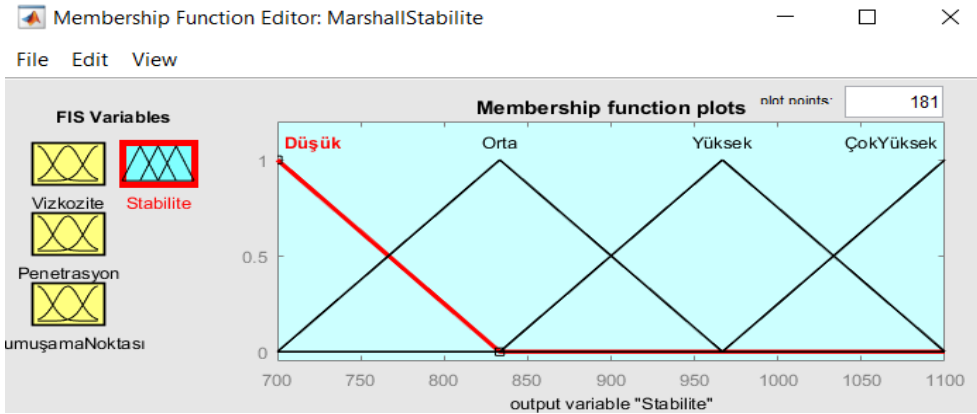
Şekil 3a. Vizkozite için belirlenen fonksiyonlar ve değer aralıkları



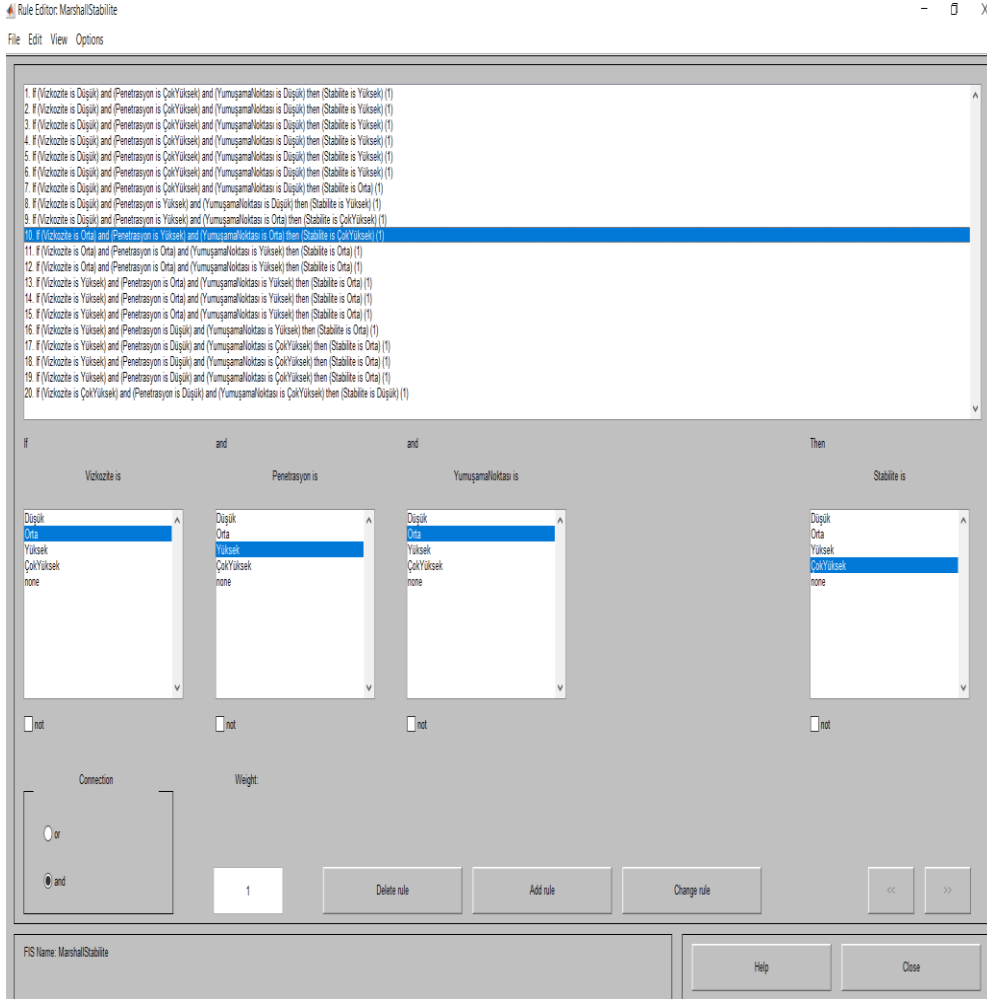
Şekil 3b. Penetrasyon için belirlenen fonksiyonlar ve değer aralıkları



Şekil 3c. Yumuşama noktası için belirlenen fonksiyonlar ve değer aralıkları



Şekil 3d. Stabilite için belirlenen fonksiyonlar ve değer aralıkları



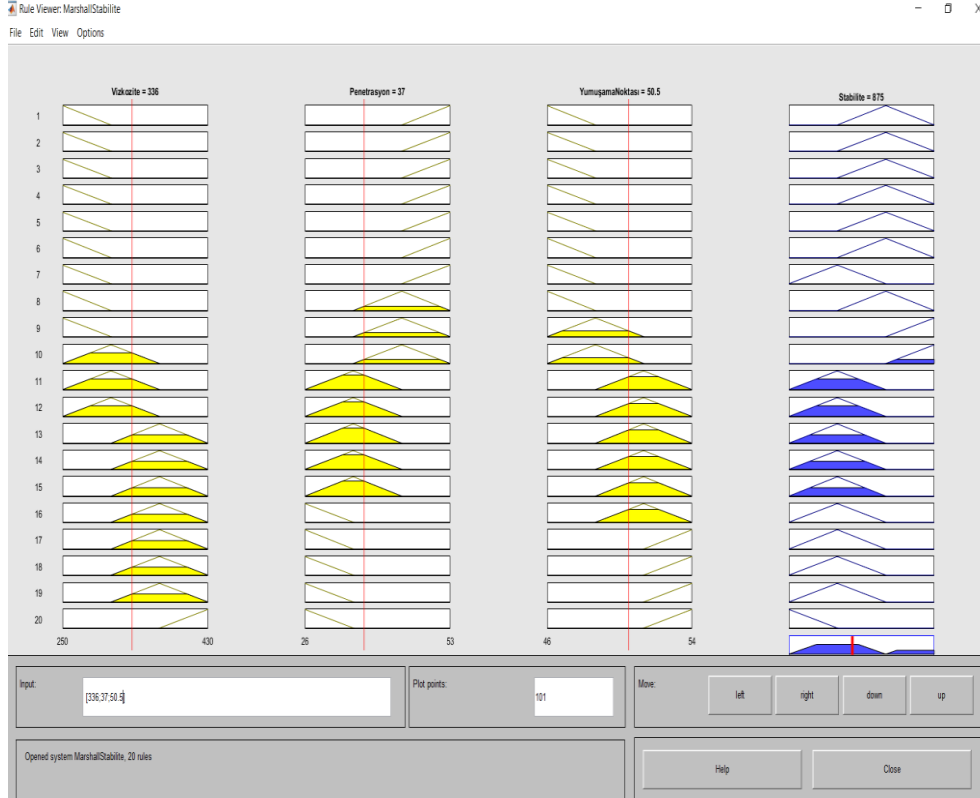
Şekil 4. Stabilite tahmininde bulunmak için belirlenen kurallar

#### 4. SONUÇLAR

Stabilite tahmininde bulunmak amacıyla Matlab programının bulanık mantık modellemesi kullanılmıştır. Tahminde bulunmak için 20 farklı kural belirlendi ve elde edilen sonuçlar Şekil 5'te gösterilmektedir. Vizkozite, penetrasyon ve yumuşama noktası için laboratuvar ortamında bulunan her değer, Input kutucuğundan seçildikten sonra toplam 20 farklı numune için sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 2).

Tahminler, gerçek veriler ile karşılaştırılarak ne kadar doğruluk ile tahminde bulunduğu incelenmiştir (Tablo 3).

## Marshall Stabilitésinin Bulanık Mantık Kullanılarak Tahmin Edilmesi



**Şekil 5.** Üç değişkene bağlı olarak belirlenen kurallar çerçevesinde elde edilen stabilite tahmini

Numune	vizkozite	Penetrasyon	Yumuşama nok	Tahmin
1	253,2	53	46,7	<b>900</b>
2	253,3	53	46,9	<b>900</b>
3	260,0	51	47,2	<b>904</b>
4	260,0	51	48,0	<b>907</b>
5	262,3	51	47,3	<b>904</b>
6	263,0	51	47,3	<b>904</b>
7	263,3	51	47,5	<b>905</b>
8	266,7	44	48,0	<b>1030</b>
9	276,7	42	48,8	<b>1030</b>
10	296,7	40	50,0	<b>910</b>
11	330,0	38	50,3	<b>886</b>

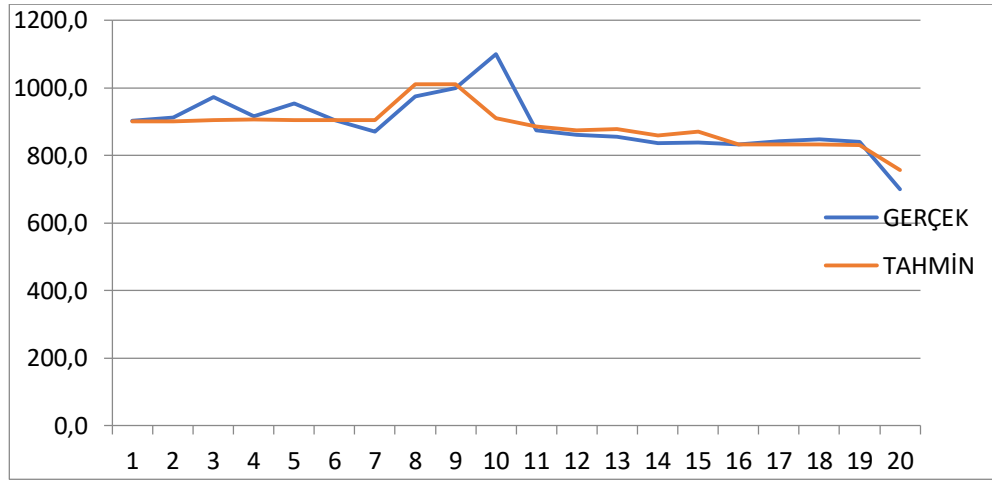
12	336,0	37	50,5	<b>875</b>
13	340,0	37	50,5	<b>877</b>
14	340,0	36	51,0	<b>859</b>
15	346,7	37	50,8	<b>870</b>
16	366,7	32	51,3	<b>833</b>
17	376,7	29	52,0	<b>832</b>
18	376,7	29	52,0	<b>832</b>
19	378,6	29	52,3	<b>831</b>
20	427,3	26	54,0	<b>756</b>

**Tablo 2.** Vizkozite, Penetrasyon ve Yumuşama noktasına bağlı olarak elde edilen stabilite tahmini

<b>Stabilite</b>	<b>Tahmin</b>	<b>Doğruluk (%)</b>
903,3	900	99,63
911,5	900	98,74
972,0	904	93,00
916,2	907	99,00
953,0	904	94,86
904,0	904	100,00
870,0	905	96,13
975,0	1030	94,66
1000,0	1030	97,09
1100,0	910	90,00
874,0	886	98,65
860,0	875	98,29
855,4	877	97,53
836,6	859	97,40
839,0	870	96,43
832,0	833	99,88
841,1	832	98,92
847,2	832	98,21
840,2	831	98,91
700,0	756	92,59

**Tablo 3.** Laboratuvar ortamında elde edilen değerler ve tahminlerin karşılaştırılması

Farklı vizkozite, penetrasyon ve yumuşama noktası özelliklerine 20 farklı Marshall numunesi için laboratuvar ortamında yapılan deneyler sonucu farklı stabilite değerleri elde edilmiştir. Farklı özellikte elde edilen bu numuneler değerleri kullanılarak bulanık mantık uyarlaması yapıldı ve stabilite tahmin edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak tahminler %90'ın üzerinde bir başarıya ulaşmıştır. Tahminler ve laboratuvar sonuçlarına ait karşılaştırmalı grafikler Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Tahminler ve gerçek değerlerin grafik üzerinden karşılaştırılması

Bu çalışmada daha basit ve daha az zaman alan bir takım deney sonuçlarıyla zahmetli bir deney olan Marshall stabilitesi modellenmiştir. Bulanık mantık sayesinde istediğimiz materyal karakterizasyonu hakkında yüksek doğruluklarda tahminlerde bulunabilmekteyiz. Sonuç olarak program, her numuneyi %90-99 arası doğruluklarla öngörmeyi başarmıştır. Modelin başarılı olmasıyla deney için gerekli malzeme, zaman, masraf, iş gücü gibi gereksinimlerden kurtularak daha hızlı ve ekonomik şekilde sonuçlar elde edilebileceği görülmüştür.

## KAYNAKÇA

- Ahmedzade, P., & Yılmaz, M. (2007). Uzun Ömürlü Esnek Üstyapıların Tasarımı. *19 - 21*.
- Atabey, V. (2019, 7 6). *VolkanAtabey*. 8 27, 2020 tarihinde <https://volkanatabey.com.tr/marshall-deneyi> adresinden alındı
- Çobanoğlu, B. (2000). Bulanık Mantık ve Küme Teorisi. *Enstitü*. (2020, 4 17). 8 27, 2020 tarihinde <https://www.iienstitu.com/blog/bulanik-mantik-nedir-nasil-uygulanir> adresinden alındı
- Kara, Ç., & Karacasu, M. (2017). Investigation of waste ceramic tile additive in hot mix asphalt using fuzzy logic approach. (Construction and Building Material 141).
- Kutluhan, S., & Ağar, E. (2009). Bitümlü sıcak karışımlarda tekerlek izi oluşumunu etkileyen faktörler ve azaltmaya yönelik öneriler. *8(6)*.
- Morova, N., Serin, S., & Terzi, S. (2011). Bitüm Miktarının Asfalt Betonu Dayanımına Etkisinin Bulanık Mantık Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi.
- Namlı, R., & Kuloğlu, N. (2007 ). Superpave ve Marshall Yöntemlerinin Deneysel Karşılaştırılması. (270 ).
- Novak, V., & Perfilieva, I. (1999). The Principles of Fuzzy Logic:Its Mathematical and Computational Aspects.
- Ogundipe, O. (2016). Marshall stability and flow of lime-modified asphalt concrete. (18-21).
- Özgan, E. (2008). Fuzzy logic and statistical-based modelling of the Marshall Stability of asphalt concrete under varying temperatures and exposure times. (40).
- Sağlık, A., & Güngör, A. (2008). Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi.
- Wikipedia. (tarih yok). *Wikipedia*. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Yol>. adresinden alındı
- Yalçın, N. (2010). Yapay Zeka-Bulanık Mantık.

# TRAFİK KAZALARINDA ÖLÜM SAYISININ BULANIK MANTIK KULLANILARAK TAHMİN EDİLMESİ

**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇALIŞICI**  
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

**Mervan DEMİR**  
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

**ÖZET:** Trafik kazalarına neden olan en büyük etkenlerden birisi sürücü kusuru iken, taşıt kusurları, yol kusurları, yaya kusurları ve yolcu kusurları da trafik güvenliğini etkileyen faktörler arasında gösterilebilmektedir. Trafik kaza nedenleri öngörüldüğünde gerekli tedbirler alınarak trafik güvenliği artırılabilir ve bu sayede kazaların meydana gelmesi önlenir veya azaltılabilir. Bu çalışmada ABD'nin beş farklı eyaletinden toplanan taşıt sayısı, sürücü sayısı ve taşıt-mil parametrelerine ait 5 yıllık istatistiksel veriler dikkate alınarak trafik kazalarındaki ölüm sayıları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ölüm sayılarını elde etmek için MATLAB programı kullanılarak bulanık mantık modellemesi yapılmıştır. Her eyalet için meydana gelen ölüm sayıları ile modelden elde edilen sayılar karşılaştırılarak, modelin doğruluk derecesi hesaplanmıştır. Bulanık mantık ile yapılan tahminler ölüm sayılarını tüm eyaletlerde %90'ın üzerinde yakınlıkla öngörmeyi başarmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Trafik güvenliği, Ölüm sayısı, Bulanık mantık, MATLAB

## Estimating The Number of Death in Traffic Accidents by Fuzzy Logic

**ABSTRACT:** While driving fault is one of the biggest factors that cause traffic accidents, vehicle defects, road defects, pedestrian defects, and passenger defects can also be shown as factors affecting traffic safety. When traffic accidents are predicted, traffic safety can be improved and thus accidents can be prevented or reduced to occur. In this study, the number of deaths in traffic accidents was estimated by taking into account the 5-year statistical data of the number of vehicles, number of drivers, and vehicle-mile parameters collected from five different states of the USA. Fuzzy logic modeling was performed using the MATLAB program to obtain the number of fatalities. The accuracy of the model was calculated by comparing the number of deaths for each of the

US states with the numbers obtained from the model. Estimates by fuzzy logic succeeded in predicting death numbers with more than 90% closeness in all states.

**Keywords:** Traffic safety, Traffic Fatalities, Fuzzy logic, MATLAB

## 1.GİRİŞ

Tarih boyunca insanlar her zaman için ulaştırma faaliyetlerine ihtiyaç duymuştur (Aydmn & Oral, 2018). Bazen de bu oluşturulan ulaşım sistemlerinde meydana gelen bozulmalar yaralanmalara, ölümlere, sakatlanmalara ve bunların yanı sıra ciddi maddi hasarlara da neden olabilmektedir. Bu tür sorunlar meydana gelse bile ulaştırma yapıları insan hayatının artık vazgeçilmez bir gereksinimidir. Eski çağlarda hem düşük nüfustan hem de ticaretin daha yavaş taşıtlar kullanılarak yapılmasından dolayı büyük çaplı yer değiştirmeler görmek pek fazla mümkün değildi (Oral & Kırkıp, 2019). Ancak modern çağımızda, hem çok yüksek nüfus oranlarına ulaşmaktan, hem de yoğun ticaret akışlarının oluşmasının neden olduğu kişisel, ticari araç kullanımlarının artmasıyla beraber yollarda sıkışıklıklar meydana gelmiştir (İlıcılı & Saraç, 2019). Bu şekilde ortaya çıkan trafik kavramı, ulaşımı sağlama açısından insanoglunun temel bir gereksinimi olurken, aynı zamanda da büyük bir problemi olmuştur.

Karayolu güvenlik sistemleri hâlihazırda yolu kullanacak sürücü veya yolcuların kazaların oluşmasını bir nebze azaltmaya, trafiği düzenlemeye kılavuzluk etmeye çalışır. Trafik kazası olsa bile en az zarar ve can kaybıyla yol sistemlerinde iyileştirmeler yapar (Nakaş, 2016). Trafik güvenliğine etkiyen birçok durum ve bir kazanın meydana gelmesinin çeşitli nedenleri olabilir. Temel olarak bir kazanın meydana gelmesindeki en büyük etken sürücü kusurları iken, yol kaynaklı kusurlardan, taşıta bağlı kusurlar, yaya veya yolcuya bağlı kusurlardan dolayı da gerçekleşebilir. Ancak yine de hangi kusurun güvenlik açısından ne kadar bir payı olabileceğini kestirmek oldukça zordur. Dünya Sağlık Örgütüne göre trafik kazaları dünya genelinde her sene ortalama olarak 1,2 milyon, başka bir deyişle günde 3242 insanın ölümüne, 20-50 milyon insanın sakatlanmasına sebebiyet vermektedir (WHO, 2004). Ölüm ve yaralanmaların yanı sıra kazalar maliyet açısından da büyüktür. Trafik kazaları dünya genelinde her yıl 518 milyar dolar kayba yol açmaktadır (WHO, 2004).

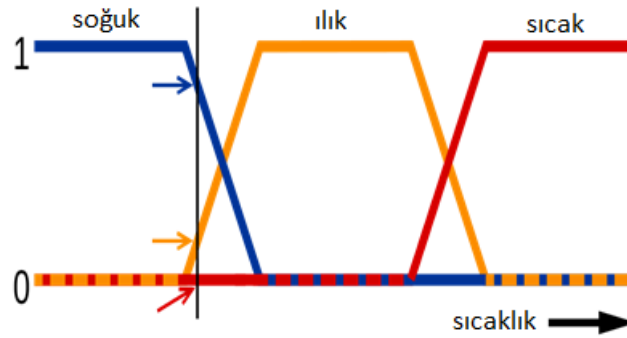
Trafik kaza nedenleri öngörüldüğünde gerekli tedbirler alınarak trafik güvenliği arttırılabilir ve bu sayede kazaların meydana gelmesi önlenabilir veya azaltılabilir. Yapay sinir ağları, bulanık mantık vb. birçok yöntem ile kazaya sebebiyet veren

birçok değişken istatistiksel veriler yardımıyla öngörülme çalışılmaktadır. ABD’de Zhang ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada multinomiyel logit model (MNL) yaklaşımı kullanılarak arkadan çarpmaya bağlı meydana gelen kazalarda sürücü incinme şiddetini incelemişlerdir. Çalışmada MNL modeli dikkate değer değişkenleri tanımlamak ve sürücü davranışlarını, demografik özellikler, geometrik ve çevresel karakteristikler vb. sürücü incinme şiddetini etkileyebilecek pek çok değişkeni belirlemek için kullanılmıştır. Analiz sonuçlarında arkadan çarpmaya bağlı, sürücü açısından ölümcül ve yaralayıcı olabilecek en dikkate değer değişkenler seçilmiştir. Ağır vasıta sayısı, kalitesiz ışıklandırma şartları, rüzgârlı hava şartları, mevcut araç sayısı değişkenleri, arkadan çarpmaya bağlı kazalarda sürücü incinme şiddetini önemli ölçüde arttırdığı sonucuna varmışlardır. Sonuçlara örnek vermek gerekirse arkada çarpışma kazalarına kamyon dâhil olması durumunda, normal şartlar altında sürücü ölümüyle gerçekleşebilecek olasılık, % 0,3’ten % 6,1’e çıkar, yani yirmi kat artışa sebep olacaktır. Ayrıca incinme şiddeti olasılığını da %37,1 seviyelerinden %44,9 oranına çıkaracaktır (Zhang, Chen, Tarefder, Ma, Wei, & Guan, 2015). Wyoming’te Bayes ikili logit model kullanılarak, kırsal otoyollarda kamyonların kazalara dâhil olması sonucu incinme şiddeti üzerindeki etkileri üzerine bir çalışma yapılmıştır. ABD’de son yıllarda navlun taşıma miktarlarında sabit artışlar meydana gelmiştir. Özellikle Wyoming eyaletinde petrol ve gaz üretimindeki artışlar, yerel ve eyalet yollarında geniş çaplı bir kamyon trafiğinin oluşmasına neden olmuştur. Bu sebeple yürütülen bu çalışmada, incinme şiddetinde meydana gelen değişimler ve diğer etkiler incelenmiştir. Son 10 yılda meydana gelen vakalar da göz önünde bulundurularak analizler gerçekleştirildiler. Ve sonuç olarak hem eyalet içi, hem de eyaletler arasında meydana gelen kazaya, ağır kamyonun dâhil olması kaza şiddetini sırasıyla 2,3 ve 4,5 kat arttırdığı gözlenmiştir (Ahmed, Franke, Ksaibati, & Shinstine, 2018). Upadhy ve Vinothina trafik kazalarında sürücü davranışlarının etkilerini incelemek için bulanık mantık modellemesi yapmışlardır. Alkol, hız, ses sistemi kullanımı, sürücü yaşı parametrelerini girdi değişkeni olarak kullanıp kaza olasılığını tahmin etmişlerdir. Sonuçta bu dört değişkenin kaza olasılığını önemli derecede etkilediği, ayrıca sürücü dikkatinin otoyollarda hayati önem taşıdığını vurgulamışlardır (Upadhy & Vinothina, 2011). Bulanık mantık kullanılarak yapılan bir başka çalışmada ise yıllık ortalama günlük trafik, şerit genişliği, banket genişliği, karayolu kenar tehlikeleri, bağlantı yolu yoğunluğu, hız gibi değişkenler belirlenerek kaza sayısı tahmininde bulunmuşlardır. Sonuçlarında değişkenlerin kaza sayısına oldukça etkidiği ve kazayı etkileyen en önemli parametrenin ise yıllık ortalama günlük trafik olduğunu gözlemlemişlerdir (Bağırğan & Karaşahin, 2009).

Bu çalışmada ABD'nin 5 farklı eyaletinden toplanan taşıt sayısı, sürücü sayısı ve taşıt-mil parametrelerine ait 5 yıllık istatistiksel veriler dikkate alınarak trafik kazalarındaki ölüm sayıları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Veriler 2012-2016 yılları aralığında California, New York, Washington, Ohio ve Illinois eyaletlerinden toplanmıştır. Ölüm sayılarını elde etmek için MATLAB programı kullanılarak bulanık mantık modellemesi yapılmıştır.

## 2. YÖNTEM VE BULGULAR

Bulanık mantık, küme teorisine dayalı sıcak/soğuk, açık/kapalı gibi keskin zıt ikili durumları açık/az kapalı, soğuk/ılık/sıcak gibi daha yumuşak olasılıklarla tanımlamaya çalışan matematiksel bir disiplindir (Tekin & Karanfil, 1995). Temel prensip bir durumu, olayı en iyi sonucuyla tahmin etmektir. Günlük yaşantımızda bile bazı durumları ifade etmek için bulanık mantık yöntemlerine başvurulabilir. Örneğin bir bulaşık makinesinin insan müdahalesi olmadan en ekonomik durumun ne olabileceğini tahmin etmesi üzerine bir incelemede, girdi değerleri olarak bulaşık miktarı, bulaşığın kirlilik derecesi ve bulaşığın cinsi seçildikten sonra çıktı parametreleri olarak da su sıcaklığı, yıkama zamanı, deterjan miktarı ve pompa devirleri belirlenerek bir tahminde bulunulmuştur. Sonuç olarak da daha temiz ve ekonomik sonuçlar elde edildiği ispat edilmiştir (Tiryaki & Kazan, 2007). Şekil 1'de bulanık mantığın bir modellemesi görülmektedir.



Şekil 1. Bulanık mantık modellenmesi

Bu çalışmada California, New York, Washington, Ohio ve Illinois eyaletlerine ait, 2012-2016 yılları arasını kapsayan taşıt sayısı, sürücü sayısı ve taşıt mil parametreleri ait 5 yıllık veri girdi değişkeni kullanılıp çıktı değişkeni olarak da ölüm sayısı tahmin edilmiştir (Tablo 1).

Metot olarak Mamdani metodu tercih edilmiş ve üyelik fonksiyonları için de üçgenel üyelik fonksiyonları kullanılarak modellenmiştir. Girdi ve çıktı değerlerine ait veriler Şekil 2'de gösterilmektedir. Çalışmada öncelikle her bir değişken için (taşıt mil, taşıt sayısı ve sürücü sayısı) "Düşük, Orta, Yüksek ve Çok Yüksek" şeklinde fonksiyon grupları elde edildi. Ayrıca ölüm sayısı tahmininde bulunması için değer aralıkları belirlendi. Ölüm sayısını öngörmek için 0-4000 aralığında sınırlandırıldı (Şekil 3a-d).

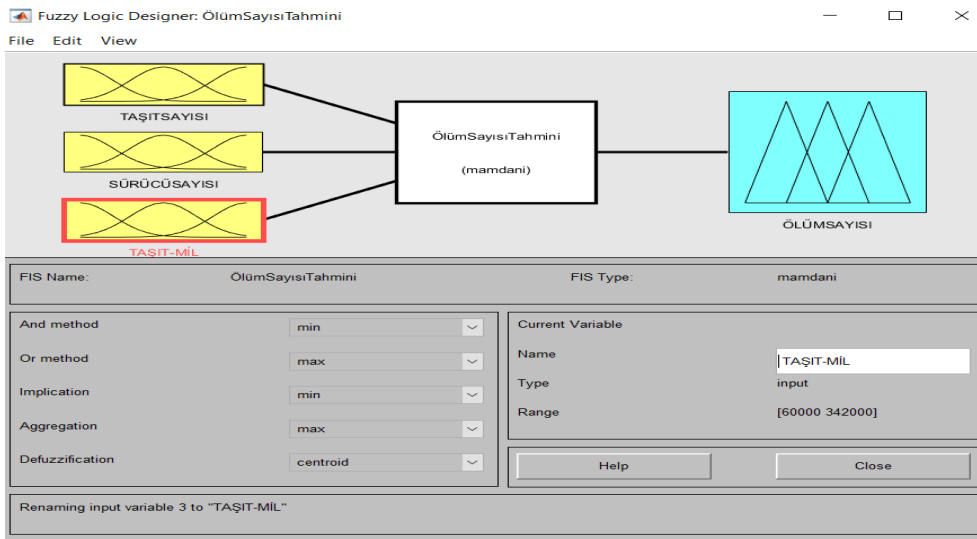
	Eyalet	Taşıt sayısı	Sürücü sayısı	Taşıt mil (milyon)	Gerçekleşen Ölüm Sayısı
2012	California	27702150	24200997	326271,6506	2966
	New York	10448743	11248617	128220,5631	1180
	Washington	5849945	5227889	56762,00621	438
	Ohio	10116248	8006183	112715,1131	1121
	Illinois 2/	10131883	8235745	104578,407	956
2013	California	28074977	24390236	329534,133	3107
	New York	10674135	11210783	129736,7468	1202
	Washington	6392840	5301630	57211,21142	436
	Ohio	10360365	8030421	112766,7288	989
	Illinois 2/	10193438	8261582	105297,1041	991
2014	California	28686646	24813346	332857,198	3102
	New York	10903620	11318198	129263,0117	1041
	Washington	6405483	5401139	58059,8	462
	Ohio	10453358	7915907	112766,2818	1006
	Illinois 2/	10393503	8373565	104905,5064	924
2015	California	29424012	25532920	335538,5566	3387
	New York	10638765	11689839	127230,2144	1136
	Washington	6725467	5516134	59652,50424	551
	Ohio	10557323	7923439	113672,5052	1110
	Illinois 2/	10595254	8462193	105223,406	998
2016	California	30221033	26199436	340114,9368	3620
	New York	11122392	11947568	122929,9694	1025
	Washington	7047689	5635715	61017,81094	537
	Ohio	10686057	7974951	118607,6223	1132
	Illinois 2/	10277182	8514644	107314,1027	1082

**Tablo 1.** 2012-2016 yıllarına ait istatistiksel veriler

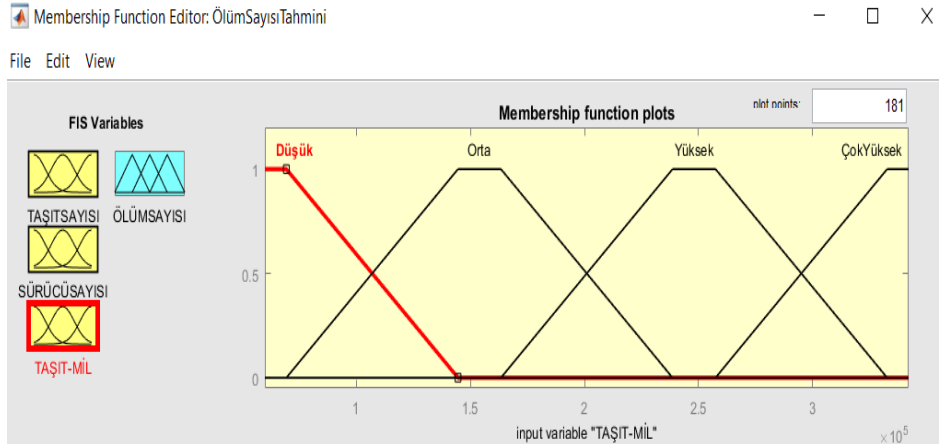
Değişken ve değer aralıklarının belirlenmesi sonrası "if-then" formatı kullanılarak 64 kural belirlendi. Kurallara ait tablo şekil 4'te gösterilmiştir. Aşağıda kurallara birkaç örnek verilmiştir.

“If (TAŞITSAYISI-orta) and (SÜRÜCÜSAYISI-yüksek) and (TAŞIT-MİL-orta)  
Then (ÖLÜMSAYISI-düşük)”

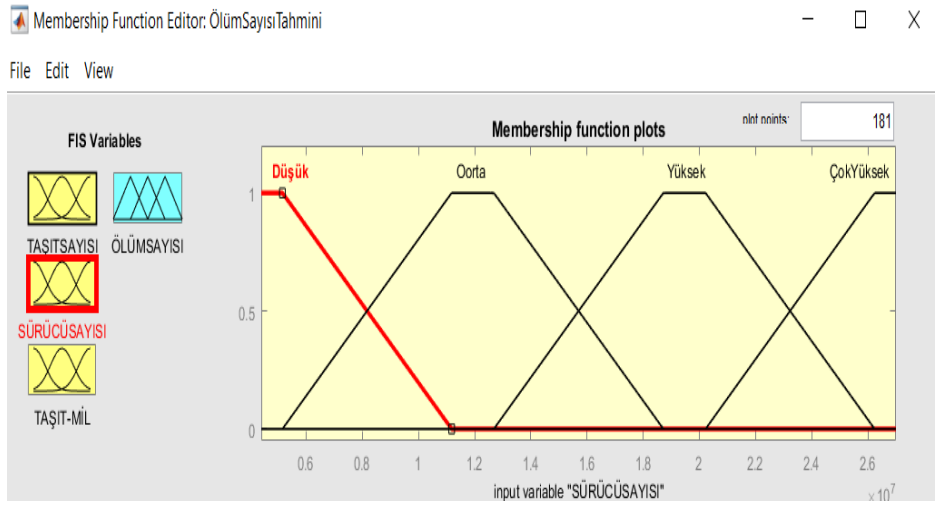
“If (TAŞITSAYISI-düşük) and (SÜRÜCÜSAYISI-düşük) and (TAŞIT-MİL-düşük)  
Then (ÖLÜMSAYISI-düşük)”



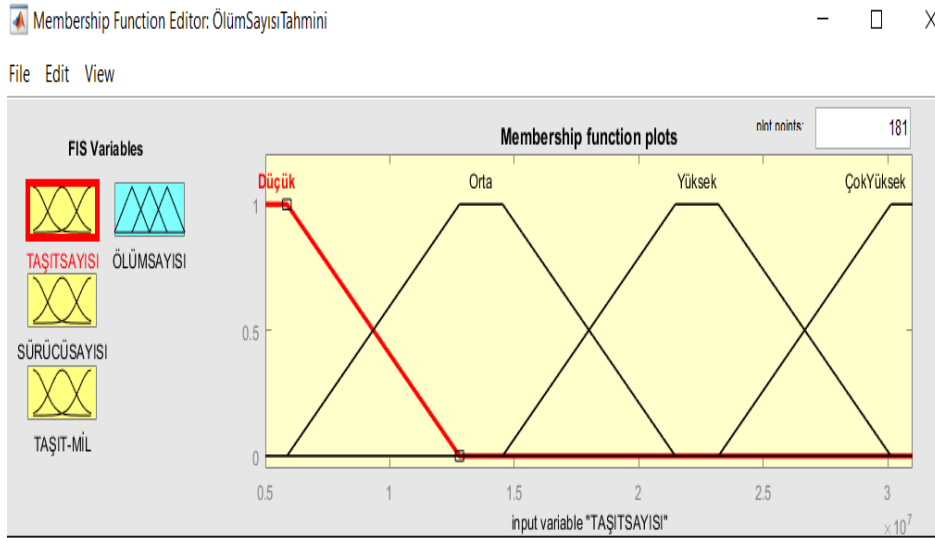
Şekil 2. Girdi ve çıktı şeklinde oluşturulan değişkenler



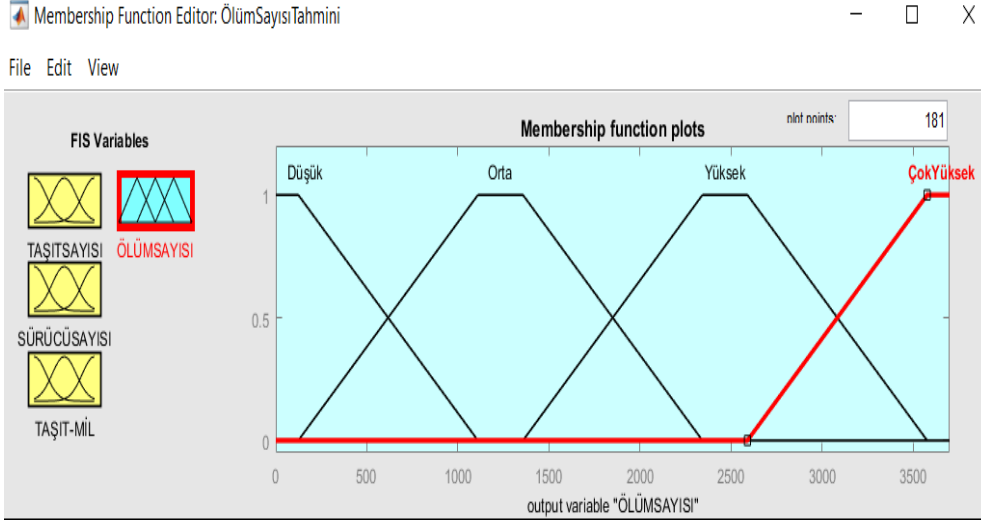
Şekil 3a. Taşıtlar için belirlenen fonksiyonlar ve değer aralıkları



Şekil 3b. Sürücü sayısı için belirlenen fonksiyonlar ve değer aralıkları



Şekil 3c. Taşıtlar sayısı için belirlenen fonksiyonlar ve değer aralıkları



Şekil 3d. Ölüm sayısı için belirlenen fonksiyonlar ve değer aralıkları

19. If (TAŞITSAYISI is Orta) and (SÜRÜCÜSAYISI is Düşük) and (TAŞIT-MİL is Yüksek) then (ÖLÜMSAYISI is Orta) (1)

20. If (TAŞITSAYISI is Orta) and (SÜRÜCÜSAYISI is Düşük) and (TAŞIT-MİL is ÇokYüksek) then (ÖLÜMSAYISI is Yüksek) (1)

21. If (TAŞITSAYISI is Orta) and (SÜRÜCÜSAYISI is Orta) and (TAŞIT-MİL is Düşük) then (ÖLÜMSAYISI is Orta) (1)

22. If (TAŞITSAYISI is Orta) and (SÜRÜCÜSAYISI is Orta) and (TAŞIT-MİL is Orta) then (ÖLÜMSAYISI is Orta) (1)

23. If (TAŞITSAYISI is Orta) and (SÜRÜCÜSAYISI is Orta) and (TAŞIT-MİL is Yüksek) then (ÖLÜMSAYISI is Orta) (1)

24. If (TAŞITSAYISI is Orta) and (SÜRÜCÜSAYISI is Orta) and (TAŞIT-MİL is ÇokYüksek) then (ÖLÜMSAYISI is Yüksek) (1)

25. If (TAŞITSAYISI is Orta) and (SÜRÜCÜSAYISI is Yüksek) and (TAŞIT-MİL is Düşük) then (ÖLÜMSAYISI is Orta) (1)

26. If (TAŞITSAYISI is Orta) and (SÜRÜCÜSAYISI is Yüksek) and (TAŞIT-MİL is Orta) then (ÖLÜMSAYISI is Orta) (1)

27. If (TAŞITSAYISI is Orta) and (SÜRÜCÜSAYISI is Yüksek) and (TAŞIT-MİL is Yüksek) then (ÖLÜMSAYISI is Yüksek) (1)

28. If (TAŞITSAYISI is Orta) and (SÜRÜCÜSAYISI is Yüksek) and (TAŞIT-MİL is ÇokYüksek) then (ÖLÜMSAYISI is Yüksek) (1)

29. If (TAŞITSAYISI is Yüksek) and (SÜRÜCÜSAYISI is Düşük) and (TAŞIT-MİL is Düşük) then (ÖLÜMSAYISI is Düşük) (1)

30. If (TAŞITSAYISI is Yüksek) and (SÜRÜCÜSAYISI is Düşük) and (TAŞIT-MİL is Orta) then (ÖLÜMSAYISI is Orta) (1)

31. If (TAŞITSAYISI is Yüksek) and (SÜRÜCÜSAYISI is Düşük) and (TAŞIT-MİL is Yüksek) then (ÖLÜMSAYISI is Yüksek) (1)

32. If (TAŞITSAYISI is Yüksek) and (SÜRÜCÜSAYISI is Düşük) and (TAŞIT-MİL is ÇokYüksek) then (ÖLÜMSAYISI is Yüksek) (1)

33. If (TAŞITSAYISI is Yüksek) and (SÜRÜCÜSAYISI is Orta) and (TAŞIT-MİL is Düşük) then (ÖLÜMSAYISI is Orta) (1)

34. If (TAŞITSAYISI is Yüksek) and (SÜRÜCÜSAYISI is Orta) and (TAŞIT-MİL is Orta) then (ÖLÜMSAYISI is Orta) (1)

35. If (TAŞITSAYISI is Yüksek) and (SÜRÜCÜSAYISI is Orta) and (TAŞIT-MİL is Yüksek) then (ÖLÜMSAYISI is Yüksek) (1)

36. If (TAŞITSAYISI is Yüksek) and (SÜRÜCÜSAYISI is Orta) and (TAŞIT-MİL is ÇokYüksek) then (ÖLÜMSAYISI is Yüksek) (1)

37. If (TAŞITSAYISI is Yüksek) and (SÜRÜCÜSAYISI is Yüksek) and (TAŞIT-MİL is Düşük) then (ÖLÜMSAYISI is Yüksek) (1)

38. If (TAŞITSAYISI is Yüksek) and (SÜRÜCÜSAYISI is Yüksek) and (TAŞIT-MİL is Orta) then (ÖLÜMSAYISI is Yüksek) (1)

39. If (TAŞITSAYISI is Yüksek) and (SÜRÜCÜSAYISI is Yüksek) and (TAŞIT-MİL is Yüksek) then (ÖLÜMSAYISI is Yüksek) (1)

If TAŞITSAYISI is  and SÜRÜCÜSAYISI is  and TAŞIT-MİL is  Then ÖLÜMSAYISI is

not  not  not  not

Connection:  or  and Weight:

Delete rule Add rule Change rule << >>

FIS Name: ÖlümSayıTahmini Help Close

Şekil 4. Ölüm sayısını tahmin etmek için belirlenen kurallar

### 3. SONUÇLAR

Bu çalışmada California, New York, Washington, Ohio ve Illinois eyaletlerine ait, 2012-2016 yılları arasında kapsayan taşıt sayısı, sürücü sayısı ve taşıt mil parametreleri ait 5 yıllık veri girdi değişkeni kullanılıp çıktı değişkeni olarak da ölüm sayısı tahmin edilmiştir. Elde edilen çıktı değerleri gerçekte her yıl için meydana gelen ölüm sayıları ile kıyaslanarak çıktı ve gerçek değerler karşılaştırılmıştır. Input kutucuğundan değişken seçenekleri ayarlanarak ölüm sayısı öngörülerini elde edilmiştir (Şekil 5). Tahminler ve gerçek değerler kıyaslanarak ne kadar bir doğruluk derecesi ile tahmin edildiği incelenmiştir ve sonuçlar tablo 2’de gösterilmiştir.



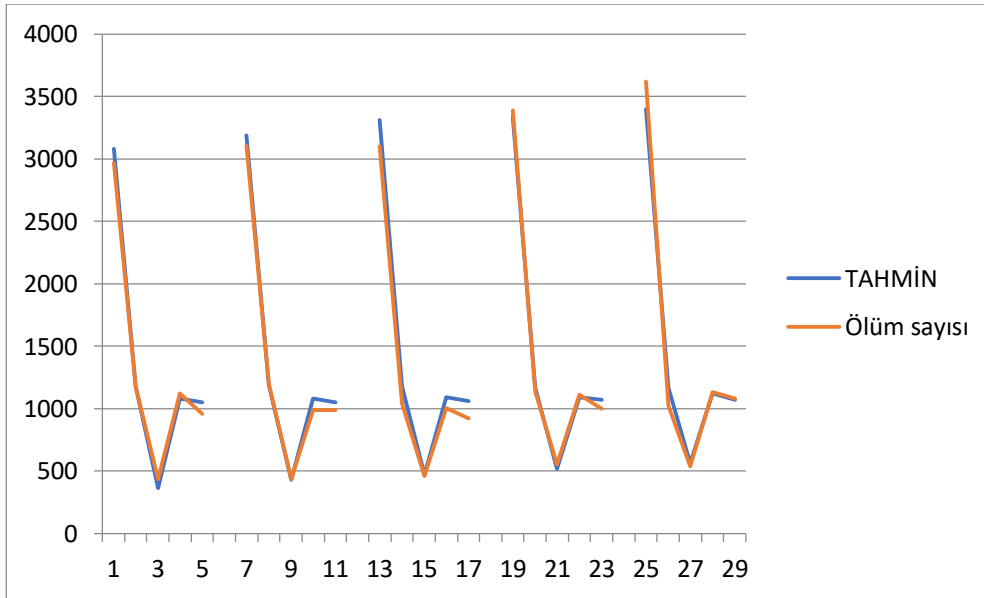
Şekil 5. Her üç değişkene bağlı olarak elde edilen ölüm sayısı tahminleri

	Eyalet	Taşıt sayısı	Sürücü sayısı	Taşıt mil (milyon)	Gerçekleşen Ölüm Sayısı	Tahmin	%
2012	California	27702150	24200997	326271,6506	2966	3080	96
	New York	10448743	11248617	128220,5631	1180	1180	100
	Washington	5849945	5227889	56762,00621	438	390	89
	Ohio	10116248	8006183	112715,1131	1121	1080	96
	Illinois 2/	10131883	8235745	104578,407	956	1050	91
2013	California	28074977	24390236	329534,133	3107	3190	97
	New York	10674135	11210783	129736,7468	1202	1190	99
	Washington	6392840	5301630	57211,21142	436	432	99
	Ohio	10360365	8030421	112766,7288	989	1081	91
	Illinois 2/	10193438	8261582	105297,1041	991	1050	94
2014	California	28686646	24813346	332857,198	3102	3310	94
	New York	10903620	11318198	129263,0117	1041	1170	89
	Washington	6405483	5401139	58059,8	462	470	98
	Ohio	10453358	7915907	112766,2818	1006	1090	92
	Illinois 2/	10393503	8373565	104905,5064	924	1060	87
2015	California	29424012	25532920	335538,5566	3387	3330	98
	New York	10638765	11689839	127230,2144	1136	1170	97
	Washington	6725467	5516134	59652,50424	551	518	94

	Ohio	10557323	7923439	113672,5052	1110	1090	98
	Illinois 2/	10595254	8462193	105223,406	998	1070	93
2016	California	30221033	26199436	340114,9368	3620	3400	94
	New York	11122392	11947568	122929,9694	1025	1170	88
	Washington	7047689	5635715	61017,81094	537	565	95
	Ohio	10686057	7974951	118607,6223	1132	1120	99
	Illinois 2/	10277182	8514644	107314,1027	1082	1070	99

**Tablo 2.** Tahminler ve istatistiksel verilerin karşılaştırmaları

Sürücü sayısı, taşıt sayısı ve taşıt-mil parametreleri kullanılarak tahmin edilen ölüm sayıları ile istatistiksel olarak elde edilen ölüm sayıları için karşılaştırmalı analizler yapıldı. Sonuçlarda çok yüksek doğruluklarla tahminler yapıldığı gözlenmiştir. Tahminlerin ve istatistiksel ölümlere ait grafikler Şekil 6'da gösterilmiştir.



**Şekil 6.** Tahminler ve gerçek değerlerin grafik üzerinden karşılaştırılması

İnsanlar trafik kazalarına neden olabilecek parametreleri bilmelerine rağmen araç sürerken yine de ihtiyatlı davranmamaktadırlar. Şimdilerde sürücülerin birçoğu manevra yapmak, trafiği izleme, trafik işaretlerini okuma gibi birincil görevlere odaklanmama ve sürüş güvenliğiyle ilintili olmayan ikincil görevlerle devamlı ilgilenmektedirler. Her eyalet için meydana gelen ölüm sayıları ile modelden elde edilen sayılar karşılaştırılarak, modelin doğruluk derecesi hesaplanmıştır. Bulanık mantık ile yapılan tahminler ölüm sayılarını tüm eyaletlerde %90'ın üzerinde yakınlıkla öngörmeyi başarmıştır.

#### KAYNAKÇA

- Ahmed, M., Franke, R., Ksaibati, K., & Shinstine, D. (2018). Effects of truck traffic on crash injury severity on rural highways in Wyoming using Bayesian binary logit models. *Elsevier*, 106-113.
- Aydın, F., & Oral, M. (2018). Türkiye'de Karayolu Ulaşımının Tarihsel Gelişimi. *Journal of Awareness*, 258-266.
- Bağırhan, N., & Karaşahin, M. (2009). Bulanık Mantık ile Trafik Güvenliği Modellemesi\*. *İMO Teknik Dergi*, 4635-4651.
- Ilıcalı, M., & Saraç, S. (2019). Trafik Sıkışıklığının Azaltılmasında Ulaşım Çözümlerinin Etkisi. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 93-107.
- Nakaş, F. (2016, 11 10). *Karayolu Güvenlik Sistemleri*. 8 31, 2020 tarihinde İnşaat Mühendisleri Odası: [imo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/d9ef269f0b47e51\\_ek.pdf?tipi=79&turu=X&sube=3](http://imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/d9ef269f0b47e51_ek.pdf?tipi=79&turu=X&sube=3) adresinden alındı
- Oral, C., & Kırkıp, E. (2019). Ulaştırma Sektörünün Önemi Üzerine Kavramsal Bir Yaklaşım. *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi*, 58-64.
- Tekin, N., & Karanfil, S. (1995). Fuzzy Mantık (Bulanık Mantık). *Öneri Dergisi*, 3-15.
- Tiryaki, A., & Kazan, R. (2007). Bulaşık Makinesinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi. *Mühendis ve Makina*, 3-8.

- Upadhyaya, S., & Vinothina, V. (2011). Fuzzy Logic Based Approach for Possibility of Road Accidents. *Third National Conference on Computational Intelligence*, 1-9.
- WHO. (2004). *World report on road traffic injury prevention*. Geneva: World Health Organization.
- Zhang, G., Chen, C., Tarefder, R., Ma, J., Wei, H., & Guan, H. (2015). A multinomial logit model-Bayesian network hybrid approach for driver injury severity analyses in rear-end crashes. *Elsevier*, 76-88.



# KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN HAFİF BETONLARIN YÜKSEK SICAKLIK DİRENCİNE MİNERAL KATKILARIN ETKİSİ

**Doç.Dr. Tahir GÖNEN**

Uşak Üniversitesi

**Prof. Dr. Salih YAZICIOĞLU**

Gazi Üniversitesi

**ÖZET:** Betonun yüksek sıcaklıklara karşı göstereceği performans, özellikle termik santral bacaları gibi yapı elemanları için büyük önem taşır. Hafif betonların yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı oldukları bilinmektedir. Bu çalışmada; pomza agregası ile üretilen kendiliğinden yerleşen hafif betonların yüksek sıcaklık direncine mineral katkıların etkisi incelenmiştir. Viskozite artırıcı kimyasal katkı, silis dumanı, uçucu kül ve hibrid karışımlar kullanılarak üretilen 11 farklı beton karışımının 300, 600 ve 900 °C sıcaklıklara maruz bırakıldıktan sonra ultra ses ve basınç dayanımı testleri uygulanmıştır. Silis dumanlı karışımların dayanım kaybı tekli kullanımında %80'lere ulaşırken uçucu küllü karışımlarda ise bu kayıp %70'lerde kalmıştır. Hibrid kullanımda ise kontrol karışımı başlangıçtaki dayanımının %68'ini kaybederken uçucu kül ve silis dumanının birlikte kullanılması durumunda %62'de kaldığı görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Kendiliğinden yerleşen beton, pomza, yüksek sıcaklık direnci

## **The Effect of Mineral Admixtures on High Temperature Resistance of Self Compacting Lightweight Concrete**

**ABSTRACT:** The performance of concrete against high temperatures is of great importance especially for structural elements such as thermal power plant chimneys. Lightweight concretes are known to be resistant to high temperatures. In this study; the effect of mineral additives on high temperature resistance of self-compacting lightweight concretes produced with pumice aggregate was investigated. 11 different concrete mixtures produced using viscosity increasing chemical additive, silica fume, fly ash and hybrid mixtures were exposed to 300, 600 and 900 °C temperatures, and then ultra sound and compressive strength tests were applied. While the strength loss of silica fumed mixtures reached 80% in single use, this loss remained at 70% in fly ash blends..

In hybrid use, it was observed that the control mixture lost 68% of its initial strength, while it remained at 62% in case of using fly ash and silica fume together.

**Key words:** Self compacting concrete, pumice, high temperature resistance

## Giriş

Beton yangıncılık açısından hiç A1 sınıfı “hiç yanmaz” malzemeler sınıfına girer. Ancak sıcaklığın artışı ile içyapıda değişimler başlar. Sıcaklık etkisinde, basınç dayanımı kaybına neden olan olayların açıklamasında farklı görüşler olsa da model oluşturulmasında problem: çimento hamuru ile agrega arasındaki termal uyumsuzluk, agrega çimento ara yüzündeki bağlantı, ısınma sırasında buharlaşan suyun basıncı çimento hamuru ve agregadaki kimyasal yapı değişikliği gibi olaylar esas alınarak incelenmektedir [1]. Yangın sırasında mukavemet kaybı ve kapak atma başlıca ortaya çıkan problemlerdir.

Çimento hamurunda jel yapıyı oluşturan CSH (kalsiyum silika hidrat) katı öğeleri absorpsiyon suyu ile birbirlerine bağlanırlar. Absorpsiyon suyu kolaylıkla buharlaşmaz. Normal dayanımlı betonlarda ancak sıcaklık 300 °C’ye vardığında bu su buharlaşmaya başlar ve mukavemette kayıplar görülmeye başlanır [2,3]. Serbest su miktarı fazla ise betonda çatlama ve dökülmeler daha erken sıcaklıklarda başlayabilir. CSH’in dışında diğer önemli bir bileşen Ca(OH)<sub>2</sub>’dir (kalsiyum hidroksit). Ca(OH)<sub>2</sub> 530 °C’de CaO’ya (serbest kireç) %33’e varan bir büzüşme ile dönüşür. Yüksek sıcaklık sonrası CaO’in yeniden hidrate olması %44’lük bir hacim artışını meydana getirir. 400 °C ısıdan sonra su ile ani soğutmalar bu süreci hızlandırarak numunelerin dağılmasına neden olur. Yüksek performanslı betonlar ise 250 °C’ye kadar sıcaklığa dayanmaktadırlar. Silis dumanlı betonlar 250 °C’de bir miktar mukavemet artışı gösterebilmektedir [4,5].

Günümüzde betondan beklenen farklı özellikler için üretimde cüruf, uçucu kül, silis dumanı vb. puzolan malzemeler ve katkı maddeleri kullanılmaktadır. Yüksek miktardaki atıl olma potansiyelinden dolayı özellikle uçucu kül kullanımının ekolojik faydası da bulunmaktadır. Yüksek dayanımlı beton üretiminde kullanılan silis dumanının, yüksek sıcaklığa maruz kalan betona etkileri çeşitli yönleri ile araştırılmaktadır [6-8]. Uçucu kül katkılı betonlarda 121-149 °C’ler arasında, sıcaklığın ve basıncın etkisiyle CSH jelinden iki-üç kat daha güçlü olan tobermorit jelini oluşturarak betonun basınç dayanımını bir miktar artırabilmektedirler. Yüksek mukavemetli

betonların kılcal boşluklarının boyutu geleneksel betonlara göre daha küçüktür. Bundan dolayı bu boşluklarda oluşan buhar basıncıda geleneksel betondan daha fazladır [9-10]. Bu çalışmada; kendiliğinden yerleşen hafif betonun yüksek sıcaklık direncine mineral katkıların etkisi incelenmiştir.

## 2. Deneysel Çalışma

### 2.1. Malzemeler

Deneysel çalışmalarda Elazığ çimento fabrikasında üretilen CEM I 42.5 N tipi portland çimentosu (PÇ) kullanılmıştır. Çalışmada toz malzeme olarak uçucu kül (UK), silis dumanı (SD), toz perlit (TP) ve pomza tozu (PT) kullanılmıştır. Uçucu küller, Sivas kangal termik santralinden temin edilmiştir. Kangal termik santralinden elde edilen uçucu kül C sınıfı sınıftır. Pomza öğütülüp 125 µ 'luk elekten elendikten sonra kullanılmıştır. Toz perlit ise Etiper marka olup yine 125 µ 'luk elekten elendikten sonra kullanılmıştır. Kullanılan çimento ve toz malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri [Tablo 1](#)'de verilmiştir. Verilerin hepsi üretici firma verileridir.

**Tablo 1.** Çimento ve toz malzemelerin kimyasal ve fiziksel özellikleri

Bileşim (%)	PÇ	UK	PT	SD
S(SiO <sub>2</sub> )	21.12	38,34	47,65	91
A(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	5.62	16,69	16,08	0,58
F(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.24	5,11	11,42	0,24
C(CaO)	62.94	27,62	10,2	0,71
MgO	2.73	1,60	4,02	0,33
SO <sub>3</sub>	2.30	4,44		1,06
Na <sub>2</sub> O	-	-		0,38
K <sub>2</sub> O	-	-		4,34
Cl	-	-		0.8-1.0
Kızdırma Kaybı	1.78	0,79	1,83	1,84
Fiziksel Özellikler				
Yoğunluk, (g/cm <sup>3</sup> )	3.10	2,3		2.20
Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	3370	2343	1870	144000

Kendiliğinden yerleşen hafif betonu üretebilmek için bazaltik pomza agregası kullanılmıştır. Bazaltik pomza agregası Elazığ'ın Yeniköy yörelerine aittir. Kullanılan agregaların fiziksel özellikleri **Tablo 2**'de verilmiştir. Bazaltik pomza agregası 0-4, 4-8 ve 8-16 tane sınıflarına ayrılarak kullanılmıştır.

**Tablo 2.** Agregaların fiziksel özellikleri

	İri	İnce
Kuru özgül ağırlık faktörü (kg/dm <sup>3</sup> )	1,91	2,07
Su emme (%)	8,3	17,7
Gevşek birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	789	836
500 devir aşınma (%)	42	

Deneylerde kimyasal katkı olarak Sika'dan temin edilen üçüncü nesil süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Kullanılan katkının pH değeri 3-7 ve yoğunluğu 20 °C'de 1.03-1.07 kg/l'tir. Karışımlar 52 dm<sup>3</sup> kapasiteli pan tipi karıştırıcı ile hazırlanmıştır.

## 2.2. Deney Karışımları

UK, SD, TP ve PT kullanılarak 10 farklı mineral katkılı KYHB tasarlanmıştır. Bu karışımları kıyaslamak için mineral katkının kullanılmadığı ve viskozitenin viskozite artırıcı kimyasal katkı (VAK) kullanarak sağlandığı 1 adet referans karışımı hazırlanmıştır. Karışımların özellikleri **Tablo 3**'de verilmiştir. Tüm karışımlarda iri agrega topla hacmin %31'i olarak ayarlanmıştır. İnce agrega ağırlıkça agrega ağırlığının %5'si olarak sabit tutulmuştur.

**Tablo 3.** Toz tipine yönelik hazırlanan karışımlarda toz miktarları (%)

	Toplam Toz (kg/m <sup>3</sup> )	PÇ	UK	SD	TP	PT	VAK*	Su/toz (hacimce)
UK20	550	80	20	-	-	-	-	0,95
UK30	550	70	30	-	-	-	-	0,95
UK20TP10	550	70	20	-	10	-	-	0,95
UK10TP10	550	80	10	-	10	-	-	0,95
UK15TP05	550	80	15	-	5	-	-	0,95
SD10	550	90	-	10	-	-	-	0,95
SD20	550	80	-	20	-	-	-	0,95
UK20SD10	550	70	20	10	-	-	-	0,95
UK20SD05	550	75	20	5	-	-	-	0,95
UK10SD10	550	80	10	10	-	-	-	0,95
Ref-T	550	100	-	-	-	-	0,5	0,95

### 2.3. Deneysel program

Üretilen kendiliğinden yerleşen hafif betonların işlenebilirlikleri EFNARC'a [11,12] göre belirlenmiştir. Karışımlar 56 dm<sup>3</sup> kapasiteli pan tipi mikserde hazırlanmıştır. Tablo 4'de belirtilen deneylerin hepsine yetecek kadar karışım hazırlandıktan sonra, aynı mikserden çıkan harç ile sırasıyla slump, V hunisi, L kutusu, V hunisi 5 dk gecikmeli akış süresi ve son olarak elek ayırışma testi yapılmıştır. Her bir karışım için deneyler 3'er sefer tekrarlanmıştır.

**Tablo 4.** Çalışmada kullanılan kendiliğinden yerleşebilmeyi ölçen deneyler.

Ölçülen özellik	Deney metodu
Doldurma yeteneği	V Hunisi akış süresi (sn)
Doldurma yeteneği	Slump yayılma (mm)
Geçiş yeteneği	L kutusu deneyi (mm/mm)
Ayrışma direnci	V hunisi gecikmeli akış süresi (sn)
Ayrışma direnci	Elek testi (%)

Basınç dayanımı, 7, 28 ve 90 günlük her seriden 3'er adet numuneye TS EN 12390-3'e göre uygulanmıştır. Basınç dayanımlarında 3000 kN kapasiteli hidrolik yük kontrollü dijital göstergeli pres kullanılmıştır. Basınç dayanımı testlerinin her bir zaman dilimi için 3'er adet 10 cm'lik küp numune kırılmış ve bu üç numunenin ortalaması alınmıştır.

#### 2.4. Ultra ses hızı ve dinamik elastisite modülü

Ultrasonik testler yüksek sıcaklık deneyleri sonrasında ölçülmüştür. Numunelerde iki farklı yönde okuma yapılmış ve bunların ortalamaları kaydedilmiştir. Ultrasonik deney yönteminde; ses üstü dalgaların betonun içerisinden geçme süresini ölçmek üzere tertiplenen bir cihaz kullanılmıştır. Ultrasonik testler betonun nem durumundan etkilendiği için [13], yüksek sıcaklık numunelerinde test öncesi numuneler etüvde kurutulmuşlar ve yüksek sıcaklık sonrası yine kuru haldeyken ölçülmüştür. Donma-çözülme deneylerinde ise hep doygun yüzey kurusu (DYK) haldeyken okumalar yapılmıştır.

Bu cihazla, dalga gönderici ve alıcı başlıklar arasında kalan, yüzeyleri temiz numunelerden sesüstü dalgaların ne kadar zamanda geçtiği otomatik olarak belirlenmiş ve 1 nolu bağıntı ile dalga hızı hesaplanmıştır [13].

$$V = (h / t) \times 10^6 \quad (1)$$

Formüldeki; V = Sesüstü dalga hızı (m/sn), h = Beton numunenin sesüstü dalga gönderilen yüzeyi ile dalganın alındığı yüzeyi arasındaki mesafe (m), t = Sesüstü dalganın gönderilmiş olduğu beton yüzeyinden alındığı yüzeye kadar geçen zaman (µsn) dır.

Dinamik elastisite modülü, yüksek sıcaklık ve donma-çözülme deneylerinde hasar gören ve görmeyen numunelerde kıyaslama yapmak için hesaplanmıştır. Bu

hesaplamalar ASTM C 215’de [14] tarif edilen denklem 2’ e göre yapılmıştır. Burada;  $E_d$  dinamik elastisite modülü (MPa),  $V$  ultra ses hızı (km/sn),  $n$  betonun yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>),  $\mu$  poisson oranı.

$$E_d = \frac{V^2 n(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{(1 - \mu)} \quad (2)$$

## 2.5. Yüksek Sıcaklık

Baradan [15], 250 °C’nin altındaki sıcaklıklarda betonun dayanımının etkilenmediğini belirtmiştir. Literatürdeki çoğu çalışmaya göre 300 °C sıcaklıkların üzerinde beton numuneler etkilenmeye başlamaktadırlar. Bu çalışmada 10×10×10 cm boyutlarındaki numuneler, F.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Laboratuvarında bulunan ısınma hızı 6 °C /dakika olan 1200 °C kapasiteli Protherm HLF 150 laboratuvar tipi fırında (Şekil 1), 1 saat süre ile 300, 600 ve 900°C sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Her bir sıcaklık değeri için üçer numune kullanılmıştır. Hedef sıcaklıkta 1 saat süre çalışan fırın daha sonra otomatik olarak kapanmış ve numuneler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Tüm numunelere ultra ses ve basınç dayanımı deneyleri yapılmış ve elde edilen tüm sonuçlar, laboratuvar ortamında bekleyen numunelerden alınan sonuçlarla kıyaslanmıştır. Laboratuvar ortamında bekleyen numuneler fırından çıkan numunelerle aynı nem içeriğine ulaşması için etüvde 105 °C’de sabit ağırlığa kadar kurutulmuşlardır.



Şekil 4.9. Yüksek sıcaklık testlerinde kullanılan fırın

### 3. Deneş sonuçları

Kendiliğinden yerleşen hafif betonunun yüksek sıcaklık direncine mineral katkıların etkisini belirlemek için silis dumanı, uçucu kül ve toz perlit kullanılan numuneler 300, 600 ve 900 °C sıcaklıklara maruz bırakılmış ve sonrasında ultrases hızları ve basınç dayanımı testleri yapılmıştır. Yapılan deneylerin sonuçları Tablo 5’de verilmiştir. Sıcaklık yükseldikçe beklenildiği gibi genel olarak numunelerin basınç dayanımları düşmüş, ultra ses hızları ise artmıştır. 300 °C’de silis dumanlı karışımların basınç dayanımları 20 °C’deki durumlarına göre az miktarda artmıştır. Betonun 300 °C ve sonrasında yüksek sıcaklıklardan etkilendiği bilinmektedir. Bu nedenle 300 °C’de bu küçük dalgalanmaların çok fazla önemi bulunmamaktadır. Ultra ses hızı yüksek sıcaklığa bağlı olarak betonda meydana gelen bozulmalar nedeniyle sıcaklıkla birlikte artmıştır. Ultra ses hızı betonun dayanımı hakkında fikir verebilen tahribatsız ve en pratik metotlardan biridir. Neville [2] normal agregalı betonlarda ultra ses geçiş hızına göre yaptığı sınıflandırma;

- $V < 2$  km/s çok kötü beton
- $2 \text{ km/sn} < V < 3 \text{ km/sn}$  zayıf beton
- $3 \text{ km/sn} < V < 3,5 \text{ km/sn}$  orta sınıf beton
- $3,5 \text{ km/sn} < V < 4,5 \text{ km/sn}$  iyi beton
- $4,5 \text{ km/sn} < V$  çok iyi beton’dur.

Tablo5.

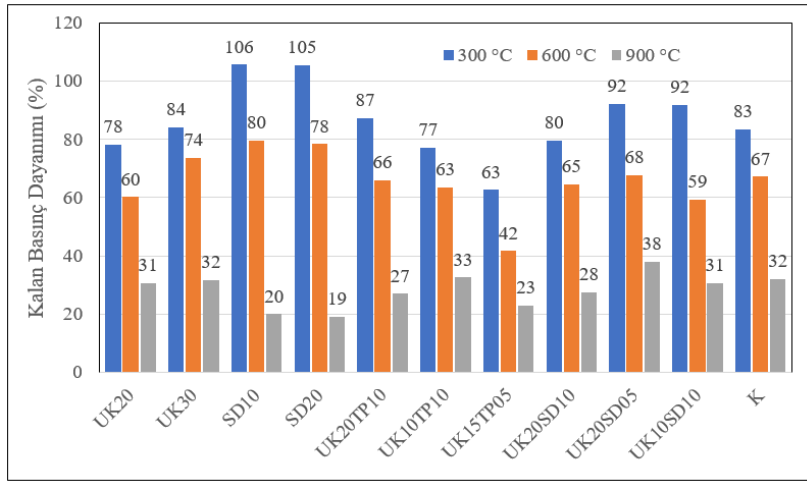
	20 °C			300 °C			600 °C			900 °C		
	US*	BD**	ED***	US	BD	ED	US	BD	ED	US	BD	ED
	km/sn	MPa	GPa	km/sn	MPa	GPa	km/sn	MPa	GPa	km/sn	MPa	GPa
UK20	4	53,2	24,7	3,6	41,6	20,7	2,8	32	12,6	2,5	16,3	10,2
UK30	4,1	55,6	27,8	3,6	46,7	21,7	2,8	41	13,5	2,6	17,6	11,1
SD10	3,8	54	24,5	3,7	57	23,2	2,9	43	14,5	2,7	10,8	12,1
SD20	3,9	54,9	26,3	3,7	57,9	23,3	2,9	43	14,6	2,3	10,5	9,3
UK20TP10	3,8	56,1	23,5	3,6	49	21	2,9	37	13,1	2,4	15,1	9,4

Kendiliğinden Yerleşen Hafif Betonların Yüksek Sıcaklık Direncine Mineral Katkıların Etkisi

UK10TP10	3,9	58,4	22,6	3,6	45	20	2,7	37	11,2	2,6	19	9,9
UK15TP05	4	57,7	28	3,6	36,1	21,8	3	24	15,6	2,3	13,2	8,7
UK20SD10	3,9	62	24,5	3,6	49,4	21,1	2,8	40	12,5	2,4	17,1	9
UK20SD05	4	59,1	26,3	3,6	54,5	21,9	2,9	40	13,9	2,6	22,4	10,7
UK10SD10	4	60,8	25	3,7	55,8	21,4	2,8	36	12,5	2,6	18,6	10,6
K	4	56,6	25,7	3,1	47,2	15,4	3,1	38	14,9	2,6	18,2	10,6

\*Ultra ses, \*\*Basınç dayanımı, \*\*\*Dinamik elastisite modülü

Karışımların yüksek sıcaklıklardan sonra kalan dayanım ve kalan dinamik elastisite modülleri Şekil 2’de verilmiştir. Yüksek sıcaklık sonrasında kalan dayanım olarak ifade edilen; yüksek sıcaklık geçirmiş numunelerin dayanımının kontrol numunelerinin dayanımlarına oranıdır. SD kullanımında 600 °C’ye kadar UK ve kontrol numunesine göre daha iyi performans sergilemesine karşın Şekil 2’de görüldüğü gibi 900 °C’de en fazla dayanım kaybına uğrayan seri olmuştur. Sancak ve Şimşek’de [16] 800 °C ve üstünde silis dumanı kullanımının basınç dayanımına olumsuz etkisini çalışmalarında vurgulanmıştır. UK ve SD’nin birlikte kullanımı uçucu kül ve toz perlitin birlikte kullanımına göre daha iyi sonuç vermiştir. %20 uçucu kül ve %5 silis dumanı kullanımı hibrid karışımlar içerisinde en az dayanım kaybeden seri olmuştur.



Şekil 2. Karışımların kalan basınç dayanımı yüzdeleri

### **Sonuçlar ve Öneriler**

Bu çalışmada; kendiliğinden yerleşen hafif betonun yüksek sıcaklık direncine mineral katkıların etkisi incelenmiştir. Bu amaçla uçucu kül, silis dumanı ve toz perlitin tekli ve hibrid kullanarak ile 11 farklı beton karışımı serisi hazırlanmıştır. 300, 600 ve 900 °C sonrası numunelerin ultra ses hızları ve basınç dayanımları belirlenmiş ve kıyaslama yapılmıştır. Buna göre özetle aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Mineral katkı olarak uçucu küller kendiliğinden yerleşen hafif betonda kullanılmaları durumunda diğer mineral katkılara göre daha az dayanım kaybına uğramıştır.
- Silis dumanı özellikle 900 °C’de en fazla dayanım kaybına uğrayan mineral katkı olmuştur.
- 300 °C’de silis dumanlı karışımların basınç dayanımları 20 °C’ye göre bir miktar artmıştır.
- %20 UK ve %5 SD’nin birlikte kullanımı kontrol numunesinden dahi daha iyi yüksek sıcaklık direnci sergilemiştir.

### **KAYNAKLAR**

- A.M. Neville. Properties of Concrete, Pitman Publ. Co, London, 1975, pp. 438-443.
- A.N. Noumowe, P. Clastres, G. Debicki, M. Bolvin, "High temperature effect on high performance concrete, (70-600 C), Strength and porosity", ACI-SP145, Proc. 3rd. Intern. Conf. On Durability of Concrete, pp. 157-172, Nice, 1994
- Aköz, F., Yüzer, N., (1994), Yüksek sıcaklığın nedenleri ve betonarme elemanlara etkileri, Y.T.Ü. Dergisi, 3, 89-98.
- ASTM C-125, 1994, Standard terminology relating to concrete and concrete aggregates, Annual book of ASTM Standards.
- Baradan, B. Yazıcı, H. ve Ün, H., Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite), DEÜ Mühendislik Fak. Yayınları, İzmir, 2002.
- Baradan, B., Yazıcı, H., Ün, H., Betonarme yapılarda kalıcılık (Durabilite), DEÜ. Müh.Fak.Yay. no:298,

- EFNARC 2002, Specifications and Guidelines for Self-Compacting Concrete, The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems.
- EFNARC 2005, Specifications and Guidelines for Self-Compacting Concrete, The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems.
- Erdoğan, T.Y., 2003, Beton, Metu Pres, Ankara.
- Hertz, K.D., (1992), Danish investigation on silica fume concretes at elevated temperatures, Technical paper, ACI Materials Journal, 89(4), 345-347.
- P.H. Perkins, Concrete structures: repair, waterproofing and protection, Applied Science Publ. London, 1987, pp. 99-105
- Poon C.S et al Comparison of the strength and durability performance of normal and high strength pozzolanic concretes at elevated temperatures, Cement and Concrete Research 2001 (31) 1291-1300.
- Sancak E., Şimşek, O., Yüksek sıcaklığın silis dumanı ve süperakışkanlaştırıcı katkı hafif betona etkileri, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21, No 3, 443-450, 2006
- Sancak, E. ve Şimşek, O., 2006, Yüksek sıcaklığın silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkı hafif betona etkileri, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21, No 3, 443-450.
- Sanjayan, G., Stocks, L.J., (1993), Spalling of high strength silica fume concrete in fire, Technical paper ACI material Journal, 90(2), 170-173.
- T. Özturan, M. S. Cülfik, "Residual Strength and elastic properties of normal and high strength concrete subjected to high temperature", Proc. Cement and Concrete Technology in the 2000 s, V2, pp. 97-106, İstanbul, 2000



# LANGUAGE LEARNING ASSISTANT TOOL: DEVELOPMENT AND EVALUATION

**Nurmila ZHETIMISHOVA**

Kyrgyz-Turkish Manas University

**Yryskul SAPARALIEVA**

Kyrgyz-Turkish Manas University

**Bakyt SHARSHEMBAEV**

Kyrgyz-Turkish Manas University

**Chinara JUMABAEVA**

Kyrgyz-Turkish Manas University

**Rita ISMAILOVA**

Kyrgyz-Turkish Manas University

**ABSTRACT:** It is a known fact that learning languages is a very hard task. However, the development of information and communication technologies allows learning to be more systematic, and thus, can bring facilitation to the learning process. Many systems for language learning assistance were developed. However, not all of them could assure maintenance. In the current study, the new system for learning Kyrgyz and Turkish languages was proposed. Moreover, the system can be adapted to any other language, by adding the content. For system maintenance, usability and accessibility tests were carried out. The results of the tests were used to improve the system. Finally, the user tests showed that the administrator part of the system was evaluated as 4.57 and user parts were usable as much as 4.65 out of 5.

**Keywords:** Computer-assisted language learning, e-learning, CALT, Kyrgyz, Turkish

## 1. Introduction

Learning a foreign language is a hard task to perform. As computer technologies start emerging, the new way of computer-assisted learning has started developing. Bates (Bates, 1997) stated that there are 4 main advantages of using computer tools in learning, which are, improving the quality of learning, access to education

and training, reducing the costs of education, and, finally, improving the cost-effectiveness of education.

As for the usage of technology in language learning, to learn English, tools such as CASTLE (Murphy, M., & McTear, M, 1997), TAGARELA (Amaral, L., & Meurers, D., 2008), e-tutor (Heift, 2003), and many others were proposed. Some tools do grammar checking, other help to memorize vocabulary. With ICT development, delivering content became easier due to online learning environments. However, language learning requires a specific approach. In addition, learning with the support of some learning management software requires additional knowledge and motivation. In Blass and Davis (Blass, 2003), the core issues of LMS usage were defined as technical competence of learners, learning environment, and motivation. Although software developers cannot solve the first two issues, yet, the appropriate system design can help students with the motivation to continue the language learning assisted by the software. According to (Beatty, 2013), this type of software can be divided into several types, such as Computer-Assisted Language Instruction (CALI), Computer-Assisted Language Testing (CALT), Intelligent Computer-Assisted Language Learning (ICALL), Technology-Enhanced Language Learning (TELL) or Web-Enhanced Language Learning (WELL). Of them, the CALT systems are designed specifically to teach language learners based on the testing modules.

Although there are many systems developed for learning widely spread languages, no systems were proposed for learning minor language learners, Therefore, in this article, we propose a tool that helps Kyrgyz language learners. Yet, the proposed system can be utilized for learning other languages, just by adding the corresponding content.

The rest of the article is organized as follows: in section 2, the state of art in the field of language learning assistant tools was provided. Section 3 describes the method and materials used in the current work. Results of technical and user tests of the proposed system are given in section 4. Section 5 concludes the work.

## **2. Literature review**

To face the problem of content delivery to isolated secondary schools in Tanzania, Kalinga (Kalinga, 2010) developed a dedicated LMS. In development, researchers utilized the so-called TanSSe-l system. The tool helps to create and store learning materials. Since it was an online tool, the created learning materials were easy to access and share, thus, it used to support teaching and learning in secondary schools located in Tanzania. The results of its usage in two schools showed that the

problem of LMS usage was mostly at the adoption. Yet, these results were preliminary, since the main result on effectiveness was not available at the time of research as changes in education have a prolonged effect.

Collier and Robson (Collier G., 2002) proposed standards in e-learning, which were categorized into five groups. The first group was related to metadata (organization of content), content packaging (for ease of transportation), learner profiles, learner registration, and content communication.

The language learning assistant tools are being developed for many languages. The first systems proposed to assist language learning were mostly grammar checking tools (Z., 1991), (McCoy K. F., Pennington C. A., Suri L. Z., 1996). For example, the system CASTLE, proposed by Murphy and McTear belonged to the ICALL type of software, consisting of several modules. It was based on a role-playing game, where students were supposed to answer questions requested by the system (Murphy, M., McTear, M, 1997). If a student makes three mistakes of the same type, then the system gives an exercise for correction.

The programs for assisting language learning were developed for many other languages as well. For example, the TAGARELA (Amaral, L., & Meurers, D., 2008) is designed to learn a foreign language for Portuguese people. The system uses traditional teaching methods. The method of the system consists of six groups: reading, listening, description, paraphrasing, filling in the gaps, and vocabulary. The system was also developed using an ICALL principle. Another system, based on ICALL, was by Heift, who proposed a system called E-tutor for learning German (Heift, 2003). As in the case of CASTLE, the tool was supposed to provide error-specific feedback to language learners and was mostly oriented for grammar checking. The system was also works based on several modules. Another system utilizing ICALL type was proposed by researchers for learning Arabic (Shaalán 1, 2005). The system is also the error-specific one, with an additional module to request the course content. The error checking is done by the sentence analyzer module.

Besides, there were systems developed for enabled people as well. For example, the ICICLE (Michaud, L. N., McCoy, K. F., & Pennington, C. A, 2000) system was designed based on ASL (American Sign Language) to help people in learning English as a second language. The system checks for grammatical errors in an essay written by students. The system was a SLALOM (Steps of Language Acquisition in a Layered Organization Model) system consisting of complex modules.

There are also systems developed using the Computer-Assisted Language Testing (CALT) approach, which is used to evaluate learners' performance (Suvorov, R.,

& Hegelheimer, V, 2013). For example, the Versant English system, proposed by (Downey, R., Farhady, H., Present-Thomas, R., Suzuki, M., & Van Moere, A., 2008), is an automatic test designed to measure the English language of non-native speakers. This test is used for pre-employment and also in education and business. The Versant English Test is composed of six sections: reading, repeats, short answer questions, sentence builds, story retelling, and open questions. Another system, called the Business Language Testing Service (BULATS), was developed by (Cope, 2009). It includes an online test for reading and listening, speaking, as well as a tool for a written test. The main purpose of developers was to check the level of business English proficiency of applicants and candidates.

The system proposed in current work is a CALT type system with 4 modules for learning Kyrgyz and Turkish. However, the software allows adding other languages as well, by developing the module contents.

### **3. Method**

#### **3.1. Aim and research questions**

In research by (Blass, 2003), criteria for effective implementation of e-learning software was discussed. The authors proposed to evaluate such systems by reinforcement strategy and by the achievement of purpose. Therefore, in the current study, the developed system was evaluated both from technical performance and end-user perception point of view. Therefore, the research questions were set up as follows:

- Usability tests
  - Technical performance
  - End-user tests
- Accessibility tests

#### **3.2. Database architecture**

The database consists of three main parts, namely, users, categories, and results. In addition to these tables, there are auxiliary tables in each part. For example, in the user part of the database, there are two tables, news, and language tables, which store information related to each user. In the Categories part, there are Tests, Listening, Translate, and Vocabulary tables. Category and User parts are linked through a table of results (Figure 1).

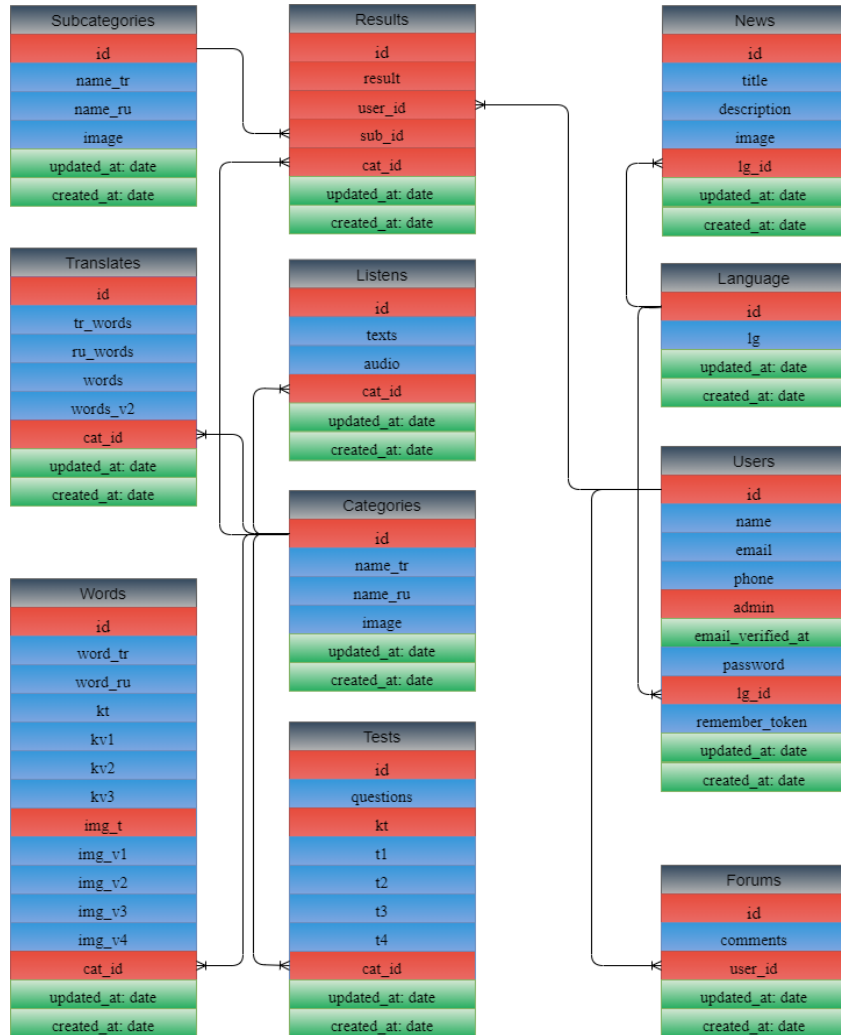


Figure 1. Database architecture

The database was built using MySQL service. For the optimization purpose, in tables, the linking fields were used. In Figure 1, the red fields represent integer type of data, blue – text type, and green fields denote the date type of data.

### 3.3. Workflow

The proposed system is topic-based. In the beginning, learners must pass level 1. For that, he/she is supposed to memorize the vocabulary, the listening part, the reading part, and translations of the 1<sup>st</sup> level. The next level becomes active only upon

completing all tasks. Thus, sequential learning is ensured. When considering the learning vocabulary, the process is done by introducing the pictures describing the action. The translation is done based on the words, not sentences. In the listening part, short sentences are provided, and learners are asked to write down these sentences. At this stage, unlike the translation step, the spelling errors are counted. At the final step, the learners' scores are evaluated. However, at the final evaluation, the score of a learner at all 4 steps are considered. Besides, if a learner takes the examination one more time, the results are not over-recorded but recorded as a new entry due to database structure.

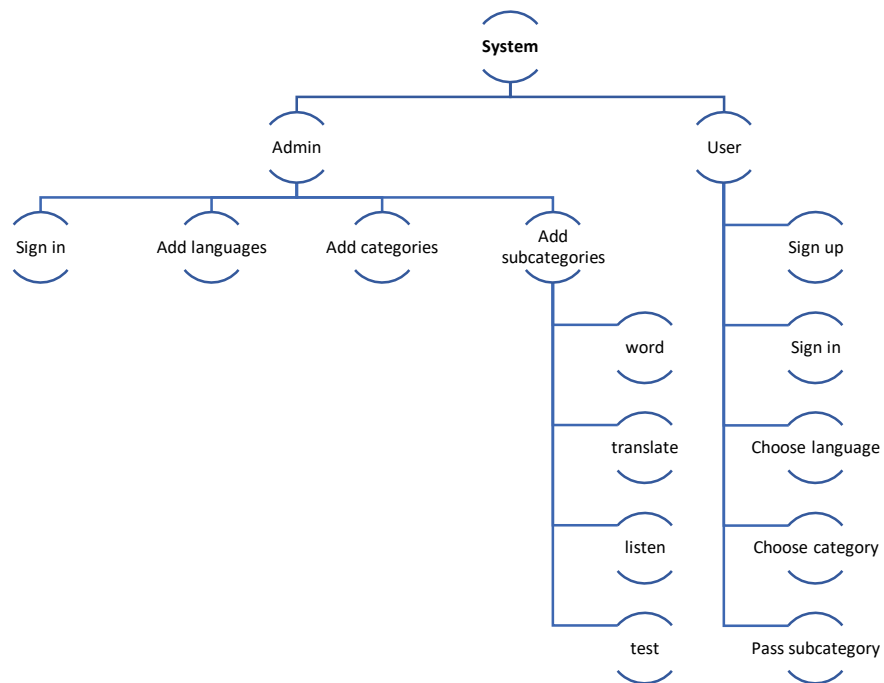


Figure 2. System Work Flow Model

At the admin panel, the following operations are available (Figure 2):

- Adding languages
- Adding categories
- Adding subcategories

vocabulary  
 text to translate and translation variants  
 audio files and corresponding texts  
 test materials

## 4. Results

### 4.1. Technical usability

To increase the technical usability of the system, two online usability testing tools were used. The first one was a service by Pingdom (SolarWinds, n.d.), and another service was GTmetrix, developed by GT.net (Gtmetrix, n.d.).

First, the Pingdom tool was used, and according to the usability test, the web-portal score was 73. Further analysis showed that there were issues related to image sized and the number of requests. In addition, the test revealed a big number of scripts (89% of the total number of page sizes). Thus, the overall score of the system was defined as 73 out of 100. The results of the test are presented in Table 1.

*Table 1. Results of the usability test by Pingdom tool before and after optimization*

Items	Before optimization		After optimization	
	%	KB	%	KB
Script	85.63%	2.0 MB	80.68%	292.5 KB
CSS	12.19%	277.7 KB	10.59%	38.4 KB
Font	0.64%	14.5 KB	3.77%	13.7 KB
Image	1.23%	27.9 KB	4.02%	14.6 KB
HTML	0.32%	7.2 KB	0.94%	3.4 KB
Total	100.00%	2.3 MB	100.00%	362.6 KB

Although the Pingdom tool estimates the website performance, it does not show the minimization rates. Therefore, at the next step, the system was evaluated using the GTmetrix tool. According to the results, obtained by using this tool, the site performance score in terms of Page Speed Score was rated as F (28%). The test on

"why the page was slow" test evaluated the site as D (61%), with an absence of expires headers, compress components, and use a Content Delivery Network (CDN). In all other components, the test revealed no issues. Thus, to optimize the system, the following steps were carried out:

- Image optimization
- Scripts compression
- Allowing caching

The system performance after optimization is given in Table 2

*Table 2 Results of the usability test by GTmetrix tool before and after optimization*

Items	Before optimization	After optimization
Page Speed Score	(28%)	(97%)
YSlow Score	(61%)	(85%)
Fully Loaded Time	42.1s	4.0s
Total Page Size	2.17MB	345KB
Requests	19	19

As can be seen from Table 2, the optimization was mostly due to the decrease of page size from 2.17MB to 345KB. This decrease was mostly because of zipping the scripts - from 2MB to 292.5KB.

#### **4.2. User experience tests**

The system implies usage by two types of users, which are system administrators and end-users. The user experience tests were carried out for both types of users. However, while defining the target group, for those who participated as system administrators, the computer literacy rate was above average. However, as end-users, the group of first-year students with a non-engineering background was chosen. This, the computer literacy rates of end-users were rated as lower than average.

First, the system administration tasks were developed and 5 users were asked to complete the 7 tasks. After completing each task, they were asked to evaluate its complexity using a 5-point Likert scale, with 1 being “very hard” and 5 being “very easy”. The results of the usability evaluation of the administrators' part are presented in Table 3.

*Table 3. The end-user test results for system administration*

<b>N</b>	<b>Admin tasks:</b>	<b>Score (out of 5)</b>
1	Please, log in to the system	4.6
2	Please, create, delete, update the category	4.2
3	Please create, delete, update the vocabulary exam	4.8
4	Please create, delete, update the translation exam	4.8
5	Please create, delete, update the listening exam	4.8
6	Please create, delete, update the test exam	4.4
7	Please delete forum messages	5.0

According to results, the hardest task was on creating, deleting, and updating the category – the average score on this task was equal to 4.2; following with the creating, deleting, and updating the exam questions – 4.4 points. Deleting forum messages was the easiest task – all respondents evaluated its easiness as 5 points. The overall usability was perceived as 4.65 points.

Next, the end-users perceived usability tests were carried out based on the 7 tasks (Table 4). As expected, since users had lower computer literacy rates, they evaluated the system usability lower than that of system administrators. That is, the overall average score was 4.57 points out of 5.

*Table 4. The end-user test results for language learners*

<b>N</b>	<b>User tasks:</b>	<b>Score (out of 5)</b>
1	Register yourself	4.6
2	Please. log in to the system	4.4
3	Please choose language	4.2
4	Please take the vocabulary exam	5.0
5	Please take the translation exam	4.8
6	Please take the listening exam	4.0
7	Please take the test exam	5.0

The hardest part for system users was taking listening examination – the average score for this task was 4.0 points. The next hard task was choosing the language that they were learning – the average score in this task was 4.2 points. As the further interviews showed, users fail the task due to confusion of the language-choosing button (which defined the language they were supposed to learn) with the interface language. Taking the test examination was the easiest task with all users evaluating its usability as very easy.

### **4.3. Accessibility**

Accessibility test was also carried out for compliance with WCAG 2.0 using 2 independent tools, namely, *achecker.ca* by the Adaptive Technology Resource Centre (Gay G, 2010) and *Relatório AccessMonitor* tool by FCT ACCESS Unit - Foundation for Science and Technology (*accessibility.gov.pt*, 2020). According to the results obtained by *Achecker* tools (*Achecker*, n.a.), no accessibility checkpoint violations were found. Yet, 54 potential problems were detected, with the majority being a violation of checkpoints 1.4.1, 2.1.1, 2.3.1, and 2.4.4 (Table 3).

Table 5. Compliance with WCAG 2.0 according to Achecker tool

Checkpoints	Violations		
	freq.	%	
Conformance level A	1.1.1	3	5.56
	1.3.1	3	5.56
	1.3.3	1	1.85
	1.4.1	9	16.67
	2.1.1	8	14.81
	2.3.1	8	14.81
	2.4.1	2	3.7
	2.4.2	1	1.85
	2.4.4	8	14.81
Conformance level AA	1.4.5	1	1.85
	3.2.3	1	1.85
	3.2.4	1	1.85
	2.4.5	1	1.85
	3.1.2	1	1.85
Conformance level AAA	1.4.6	1	1.85
	2.4.8	1	1.85
	2.4.10	1	1.85
	3.1.3	1	1.85
	3.1.4	2	3.7

These checkpoints are related to scripts usage.

The results by the AccessMonitor tool revealed 1 A checkpoint violation, and 1 AA checkpoint violation (Table 4). For level A, no headers marked on-page were found, resulting in violation of 1.3.1 checkpoint. The level AA violation was due to the small number of links (checkpoint 2.4.5).

Table 6. Compliance with WCAG 2.0 according to AccessMonitor tool

Checkpoints		Violations	
		freq.	%
Conformance level A	1.3.1	3	75
Conformance level AA	2.4.5	1	25
Conformance level AAA			
<b>Score</b>		8.1 / 10	

## 5. Discussions and Conclusion

Language learning is a hard task that requires a lot of time. With the emergence of computer technologies, there were many pieces of research concerning the use of these technologies for assisting language learning. According to (Beatty, 2013), the computer-assisted language learning provides language learners an opportunity to learn individually, independent of teachers, and gives flexibility in time.

In the current work, the CALT type language learning assistant tool was developed and analyzed. The analysis was conducted in two dimensions, namely, usability and accessibility. The usability tests were carried out both by the technical usability approach and the end-user evaluation approach.

*Technical usability.* The technical usability of the developed system was done using 2 semi-automatic online tools, Pingdom (SolarWinds, n.d.), and GT.net (Gtmetrix, n.d.). At the first evaluation, the system scores 73 out of 100 and warning on the size of JavaScripts, Cascading Style Sheets (CSS), and images (with .png extension), which was reducing the load time, as well as an absence of permission for data caching. After optimization based on the suggestions, provided by these tools, the performance score was increased to 90 out of 100.

*End-users evaluation.* The end-user tests were prepared based on Nelsen's heuristics, according to which, 5 users were enough to see the system usability. Tests were carried out separately for those with system administrator role and learner role. According to the tests of the admin part, the lowest score was observed on the task for deleting categories. The usability issue was faced due to the system requirement to delete all the sub-categories before an administrator can delete the category itself.

On the end-user tests, the listening (unable to control voice level) and language choice tasks were the hardest tasks for participants (users were supposed to choose the language they learn from the choose language button before the start of tests).

Accessibility test was carried out since the system should be easy to use by all users, including visually impaired ones. Tests for accessibility were carried out utilizing two online tools, namely, Achecker and AccessMonitor. According to results, no (known and likely) errors were found. Yet, there were errors labeled as “potential” ones, such as inconsistency of logo title with website title.

Limitations of the current implementation are that at this level, the translation check is carried out only for the exact words. As further work, it is aimed to enlarge the synonymous list and usage of language processing libraries to extract word roots.

Further studies will be carried out to add modules for sentence analysis not only in terms of spell-checking but also for morphological analysis.

## REFERENCES

- accessibility.gov.pt*. (2020). Retrieved from <http://www.acessibilidade.gov.pt/>
- Achecker*. (n.a.). Retrieved from <https://achecker.ca/checker/index.php>
- Amaral, L., & Meurers, D. (2008). From recording linguistic competence to supporting inferences about language acquisition in context . *Computer Assisted Language Learning*, 21(4), 323-338.
- Bates, A. W. (1997). The impact of technological change on open and distance learning. *Distance education*, 1(18), 93-109.
- Beatty, K. (2013). *Teaching & researching: Computer-assisted language learning*. Routledge.
- Blass, E. &. (2003). Building on solid foundations: establishing criteria for e-learning development. *Journal of further and higher education*, 27(3), 227-245.
- Collier G., &. R. (2002). “e-Learning Application Infrastructure”. *Sun Microsystems white paper*.

- Cope, L. (2009). CB BULATS: Examining the reliability of a computer-based test . *Research Notes*(38), 31-4.
- Downey, R., Farhady, H., Present-Thomas, R., Suzuki, M., & Van Moere, A. (2008). Evaluation of the usefulness of the Versant for English test: A response. *Language Assessment Quarterly*, 2(5), 160-167.
- Gay G, L. C. (2010). AChecker: open, interactive, customizable, web accessibility checking. In *Proceedings of the 2010 International Cross Disciplinary Conference on Web Accessibilit*, (стр. 23). North Carolina.
- Gtmatrix. (б.д.). Получено из <https://gtmatrix.com/>
- Heift, T. (2003). Multiple Learner Errors and Meaningful Feedback: A Challenge for ICALL System. *CALICO Journal*, 20(3), 533-548.
- Kalinga, E. (2010). Development of an interactive e-learning management system (e-lms) for Tanzanian secondary schools. *Doctoral dissertation, Blekinge Institute of Technology*.
- McCoy K. F., Pennington C. A., Suri L. Z. (1996). English error correction: A syntactic user model based on principled mal-rule scoring. *Proceedings of the Fifth International Conference on User Modeling.*, (стр. 59-66).
- Michaud, L. N., McCoy, K. F., & Pennington, C. A. (2000). In Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies. *An intelligent tutoring system for deaf learners of written English*, (стр. pp. 92-100).
- Murphy, M., & McTear, M. (1997). Learner modelling for intelligent CALL. In *User modeling*, pp. 301-312.
- Murphy, M., McTear, M. (1997). Learner modelling for intelligent CALL. В А. Р. Jameson (Ред.), *Proceedings of the sixth international conference.*, (стр. 301–312).
- Shaanan 1, K. F. (2005). An intelligent computer assisted language learning system for Arabic learners. *Computer Assisted Language Learning*, 1-2(18), 81-109.
- SolarWinds. (б.д.). Получено из <https://www.pingdom.com>
- Suvorov, R., & Hegelheimer, V. (2013). Computer-assisted language testing. *The companion to language assessment*, 5(2), 594-613.
- Z., S. L. (1991). *Language transfer: A foundation for correcting the written English of ASL signers*. University of Delaware Technical Report TR-91-19.

# DENİZCİLER İÇİN SİLYON FENERİ ACİL DURUM KİTİ VE ANDROID TELEFON UYGULAMASI

**Öğrenci Şamil GÜVEN**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**Öğrenci Erenay TOSUN**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**Öğr. Gör. Utku BAYRAM**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**Öğr. Gör. Vildan BAYRAM**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**ÖZET:** Ticari amaçlı insan ve yük taşıyan deniz araçlarını kullananların kaptanlık belgesi almaları ve mors alfabesini bilmeleri zorunludur. Kişisel veya balıkçılık amaçlı deniz taşıtı kullananlar ise amatör denizci belgesi alması zorunludur. Bu belgeye sahip olan denizciler mors alfabesini bilmekle yükümlü değildirler. Nokta ve çizgilerden oluşan mors alfabesi 1865 yılında uluslar arası telsiz federasyonu tarafından kabul edilmiş ve halen yürürlükte olan bir haberleşme biçimidir.<sup>1</sup>

Çalışmamızın amacı, mors alfabesini bilmeyen bu denizcilerin gerektiğinde mors alfabesini kullanabilmeleri için bir cihaz ve mobil uygulamadan oluşan projenin gerçekleştirilmesidir. Teknelerde bulundurulması gereken can yeleği kadar zorunlu olan elemanlardan birisi de silyon feneridir. Hava karardığında teknenin aküsüne direkt olarak bağlanan 12V luk bir lambadan oluşan bu fener, 2 deniz milinden (3,7 km) görünmektedir. Çalışmamız sonucunda ortaya çıkarttığımız cihaz ile, denizde acil duruma yakalanan fakat hiçbir şekilde karayla, başka deniz aracıyla veya hava aracıyla haberleşemeyen denizciler için silyon feneri ile teknenin aküsü arasına takacağı bu cihaz ile hazırladığımız mobil uygulama üzerinden yazdığı metni silyon feneri üzerinden mors alfabesi şeklinde gösterecektir. Cihazın tasarlanmasında mikro denetleyicili elektronik devre dizaynı, baskı devre oluşturulması, donanım yazılımının PicBasicPro ile yazılması ve mobil uygulamanın Android ile yazılması aşamaları yer almaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Mors Alfabesi, Android, Mikro Denetleyici

---

<sup>1</sup>Y. Sügen, Yeni Kaptanın Kılavuzu, Akademi Yayınları .2005

## **Mast Light Emergency Kit and Android Phone Application For Sailor**

**ABSTRACT:** It is obligatory for those who use sea vehicles carrying human and cargo for commercial purposes to obtain a captain's license and to know the Morse alphabet. Those who use sea vehicles for personal or fishing purposes are required to obtain an amateur seaman certificate. Seafarers holding this certificate are not obliged to know the Morse code. The Morse alphabet, consisting of dots and lines, is a form of communication that was adopted by the international radio federation in 1865 and is still in effect.

The aim of our study is the realization of a project consisting of a device and a mobile application so that these sailors who do not know the Morse code can use the Morse code when necessary. One of the essential elements as well as the lifejacket to be on the boats is the masthead light. Consisting of a 12V lamp that is connected directly to the battery of the boat when it gets dark, this lighthouse is visible at 2 knots (3.7 km). With the device we have created as a result of our study, it will display the text written on the mobile application, which we have prepared with this device that we will install between the masthead lighthouse and the battery of the boat, in the form of Morse alphabet, for the sailors who are caught in an emergency at sea but cannot communicate with the land, other marine vehicles or aircraft. In the design of the device, the stages of designing the electronic circuit with microcontroller, creating a printed circuit, writing the firmware with PicBasicPro and writing the mobile application with Android are included.

**Keywords:** Morse Alphabet, Android, Micro Controller

## **1. GİRİŞ**

Acil bir durumda, gerek bulunulan ortam itibariyle insanlardan kolayca yardım istenebilecek yakınlıkta bulunulmaması, gerekse de haberleşme aygıtlarının kullanılmıyor olması gibi sebeplerden acil durumu deniz aracından deniz aracına, deniz aracından karaya, deniz aracından havaya veya karadan havaya bildirmek imkânsız derecesinde zor olabilmektedir. Şekil 1 de böyle bir acil durumda olası ulaşım hedefleri gösterilmektedir.



Şekil 2: Mors alfabeti kodlaması<sup>2</sup>

MORS ALFABESİ			
HARFLER			
A	..	K	..
B	...-	L	..
C	....-	M	..
D	...-	N	..
E	..	O	..
F	..-..	P	..
G	...-	Q	..
H	....	R	..
I	..	S	..
J	..-..	T	..
		U	..
		V	..
		W	..
		X	..
		Y	..
		Z	..

SAYILAR		NOKTALAMA İŞARETLERİ	
1	..	Nokta (.)	..
2	...-	Virgül (,)	..
3	....-	İki nokta üst üste (:)	..
4	...-	Tire (-)	..
5	..	Taksim (/)	..
6	..-..	Parantez açma (	..
7	...-	Parantez kapama )	..
8	....		
9	...-		
0	..		

Şekil 3: Mors alfabeti kod dağılımının Mnemotic karşılığı<sup>6</sup>

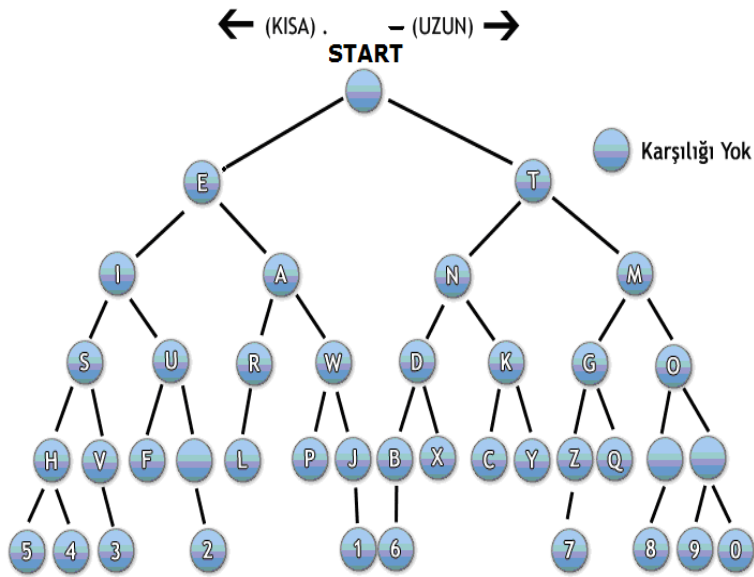
A	B	C	D	E	F	G
di-dah	dah-di-di-dit	dah-di-dah-dit	dah-di-dit	dit	di-di-dah-dit	dah-dah-dit
H	I	J	K	L	M	N
di-di-di-dit	di-dit	di-dah-dah-dah	dah-di-dah	di-dah-di-dit	dah-dah	dah-dit
O	P	Q	R	S	T	
dah-dah-dah	di-dah-dah-dit	dah-dah-di-dah	di-dah-dit	di-di-dit	dah	
U	V	W	X	Y	Z	
di-di-dah	di-di-di-dah	di-dah-dah	dah-di-di-dah	dah-di-dah-dah	dah-dah-di-dit	

<sup>2</sup>Uluslararası İşaret Kod Kitabı, Dz.K.K.Hidrografi Yayınları .1989

## 2. AMAÇ

Mors alfabesi ile yazılmış bir metni okumak için değişik yöntemler geliştirilmiş olup en kolayı Şekil 4 deki haritalama yöntemidir. Bu haritaya göre Mors kodları dinlenirken kalem en üstteki noktaya yerleştirilir. Sinyal dinlenmeye başlanır ve sinyalin uzunluğuna göre kalem ya sağa ya da sola indirilir. Kısa sinyallerde önce sola ve aşağı, uzun sinyallerde ise önce sağa ve aşağı doğru hareket ettirilir.

Şekil 4: Mors alfabesi okuma haritası<sup>6</sup>



Kelime işleme ile oluşturulacak teknik, kelimeleri meydana getiren harflere karşılık gelen noktalamaları çekmek suretiyle her kelime arası boşluk konularak kelimeler birbirinden ayrılacaktır. Çözülecek olan Mors alfabesinde ise durum tam tersi olarak öncelikle noktalamalar arası boşluklar tespit edilip kelimeler ayrıştırılacak ve noktalamalara karşılık gelen harfler yerlerine oturtulacaktır. Projemizde, gerek mors alfabesinin oluşturulması gerekse de mors alfabesinin çözümü için her harfe karşılık gelen noktalama yapısı daha önceden kaydedilmiş bellekten çekilerek kullanılacaktır.

Ses işleme ile oluşturulacak yapı ise, öncelikle yukarıdaki gibi kelimeyi morsa çevirip sonrasında noktalamalar dikkate alınarak noktalar için kısa ses, çizgiler için uzun ses verilecektir. Sesli olarak ifade edilen Mors alfabesinin telefona dinletilmesi ile sesi kaydedecek ve kayıtlı sesi öncelikle gürültüden ayıran filtreler kullanılacak ve sonrasında ses sinyalinin tepe yaptığı noktalar ayırt edilerek mors alfabesindeki nokta

ve çizgi hallerine dönüştürülecektir. Bu aşamadan sonra kelime işleme uygulamasına aktarılıp düz metin haline dönüştürülebilir.

Görüntü işleme ile oluşturulacak yapı ise, diğer uygulamalarda olduğu gibi kelimeyi Mors alfabesine çevirip, sonrasında istenirse telefonun arka ışığına ulaşıp aydınlatma ledini Mors kodundaki nokta ve çizgilere göre açıp kapama yapılacaktır. İstenirse de Bluetooth ile harici cihaza veri paketi gönderilip, harici cihazdaki mikro denetleyiciye ulaşan veri, teknenin silyon fenerini Mors kodundaki nokta ve çizgilere göre açıp kapayacaktır. Işıkla oluşturulan Mors alfabesini telefona izletip kaydedilen videodaki ışığın yanık kalma zamanlarını Mors alfabesindeki nokta ve çizgilere çevirip sonrasında kelime işleme uygulamasındaki düz metine çevrilecektir.

### 3. ÖZGÜNLÜK

Bu çalışmamızda, teknelerde bulunan mevcut silyon fenerlerine monte edilecek elektronik bir aygıt ve Şekil 9 deki gibi cep telefonları için mobil uygulama tasarlanmıştır. Piyasada, prototipimize en benzer cihaz, üzerindeki butona uzun basıldığında SOS kodu veren el fenerleridir. Tabi bu tip fenerler, eğlence veya bilgisizlik maksatlı o özellik açıldığında SOS kodu verebilmekte ve bu kod artık ciddiyetini yitirmiş görünmektedir. Bunun yerine anlatmak istediğini direkt kelimeler ile Mors kodu şeklinde karşılık vermek için aciliyetinin ciddiyetini gösterebilecektir. Mobil uygulamanın gerçekleştirilmesinde kelime işleme ile oluşturulacak teknik, kelimeleri meydana getiren harflere karşılık gelen noktalamaları çekmek suretiyle her kelime arası boşluk konularak kelimeler birbirinden ayrılacaktır. Çözülecek olan Mors alfabesinde ise durum tam tersi olarak öncelikle noktalamalar arası boşluklar tespit edilip kelimeler ayrıştırılacak ve noktalamalara karşılık gelen harfler yerlerine oturtulacaktır. Projemizde, gerek mors alfabesinin oluşturulması gerekse de mors alfabesinin çözümü için her harfe karşılık gelen noktalama yapısı daha önceden kaydedilmiş bellekten çekilerek kullanılacaktır.

### 4. YÖNTEM VE TEKNİKLER

Bir teknede asılı olması yasalarla belirlenen silyon feneri, radar reflektörü ve Türk Bayrağı, Şekil 8 de görüldüğü gibi blok halinde tek bir alüminyum gövde üzerinde bulunmaktadır. Hava karardığında fenerin aküye direkt bağlanarak yakılması denizcilik yasaları gereğidir. Mandallı konektörler sayesinde kolayca akü-silyon feneri arasına bağlanabilen prototipimiz içerisinde bulunan elektronik kartın beslemesini aküden almaktadır ve aynı zamanda akünün şarj seviyesini göstererek tekne sahibini bilgilendirmektedir.

Uygulama programı tasarlanırken kullanım kolaylığı, kolay anlaşılır olması ve gereksinimler doğrultusunda geliştirilebilmesi ile arkadaş canlısı uygulama olmasına dikkat edilmiştir. Uygulamadan biraz bahsedecek olursak, prototipe enerji verildiğinde prototip üzerinde bulunan Bluetooth'un modeli mobil telefonumuzda görülmektedir. Telefonda bu modül seçilerek prototipe bağlanılır ve Şekil 9 deki uygulama açılır. Uygulamadaki kutu içerisine yazılan cümle, önce kelimelere, sonra da harflere bölünerek prototipe yollanır. Prototipteki mikro denetleyici her harfe karşılık gelen mors kodunu lambada gösterdikten sonra gösterme işinin bittiğine dair bir kodu mobil uygulamaya geri gönderir. Prototipten onay kodu alındığında bir sonraki harf yollanır ve sistem bu şekilde işlemeye devam ederek, silyon fenerinde gösterilmemiş harf olmamış olur.

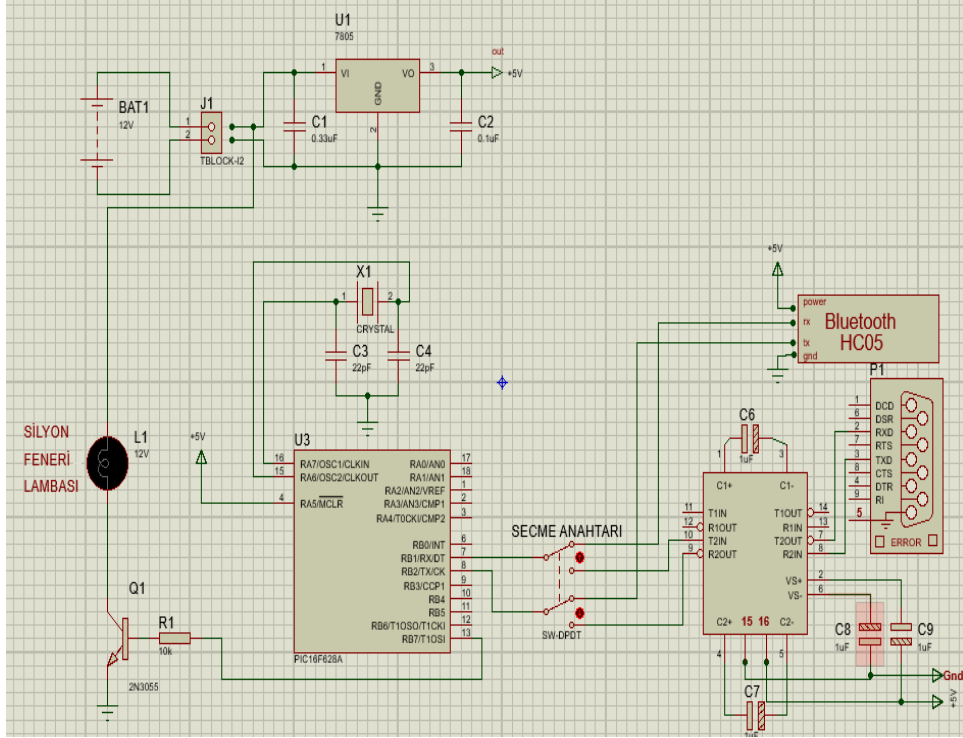
Gerçekleştirdiğimiz prototipin devre şeması Şekil 5 te verilmiştir. Bu donanım üzerinde teknenin aküsüne ve silyon fenerine mandallama ile kolayca bağlanacak 4 adet giriş bulunmaktadır. Elektronik devrenin oluşturulmasındaki aşamalardan ikincisi olan baskı devrenin Proteus/Ares te çizilmiş hali Şekil 6-a da, baskı devrenin oluşturulmuş ve elektronik elemanların yerleştirilmiş hali Şekil 6-b de yer almaktadır. Elektronik devrenin ve akü şarj göstergesinin plastik kutusuna yerleştirilmiş hali Şekil 7 de gösterilmiştir. Şekil 8 de ise prototipin teknenin silyon fenerine ve aküsüne takılmış hali yer almaktadır.

Prototipin gerçekleştirilmesinde PIC ailesinin en çok kullanılan, hem maliyet açısından prototipi düşük seviyelerde tutacak hem de küçük ebadı ile az yer kaplayan PIC16F628 mikro denetleyicisi kullanılmıştır. Şekil 5 te görüldüğü üzere 18 bacaklı bu mikro denetleyicinin besleme ve osilatör bacakları çıkartıldığında kullanılabilir toplam 13 giriş-çıkış bacağı kalmakta ve bu sayı ar-ge çalışmalarımız için de bize hayliyle yetebilen bir miktar olmaktadır. Bluetooth cihazı olarak hazır modül olan HC-05 modülü kullanılmıştır. Silyon fenerini sürmek için de yüksek akımlara dayanan transistör olan 2N3055 kullanılmıştır. İsteğe yönelik RS-232 katı da eklenmiş ve bu sayede mikro denetleyiciye devre üzerinde program gömülebilmekte ve donanım güncellenebilmektedir. Prototipin ürün aşamasına geçmesiyle bu haberleşme katı çıkartılıp maliyet daha da düşürülecektir. Bahsi geçen mikro denetleyici picbasicpro dili ile programlanmaktadır.<sup>3</sup>

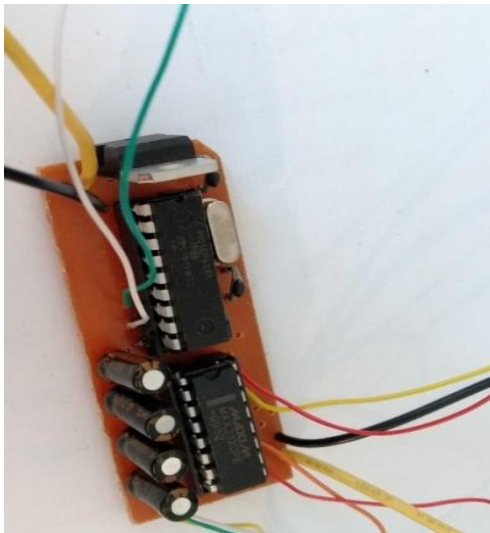
---

<sup>3</sup> Bayram, U. "Pic Basic Pro ile 50 Uygulama", Kriter Yayınları. 2012

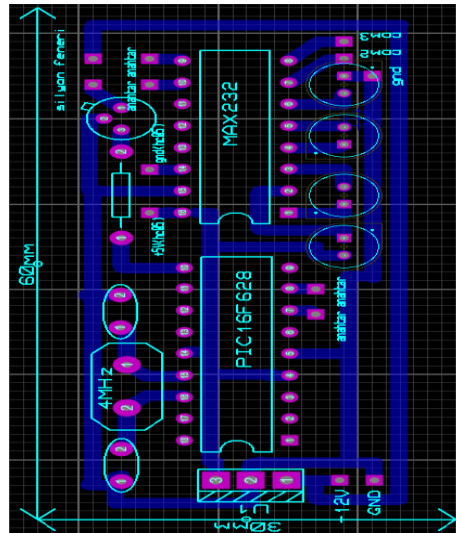
Şekil 5: Devre Şeması



Şekil 6: a) Baskı kartı



b) Baskı devre



Şekil 7: Prototip



Şekil 9: Mobil arayüz



Şekil 8: Prototipin silyon fenerine takılmış hali



## 5. SONUÇ

Tasarlanacak olan Bluetooth ile haberleşebilen mikro denetleyici kontrollü cihazın bir benzerine rastlanmamış ve piyasada ilk olması düşünülmektedir. İsteğe bağlı alınabilecek bu cihaz Ulaştırma Bakanlığının takdirinde belki de ileride teknelerde bulundurulması gereken pusula, işaret fişeği, can yeleği gibi ekipmanların yanında silyon mors alfabesi çevirici cihazın da bulundurulması zorunlu olabilecektir.

# GÖRME ENGELLİ BİREYLERE BRAILLE ALFABESİNİ ÖĞRETEN ELEKTROMEKANİK EĞİTİM KİTİ VE ANDROID TELEFON UYGULAMASI

**Öğrenci Şamil GÜVEN**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**Öğrenci Erenay TOSUN**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**Öğr. Gör. Utku BAYRAM**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**Öğr. Gör. Vildan BAYRAM**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**ÖZET:** Gerçekleştirdiğimiz proje ile görme engelli bireyler, görme engeli olmayan bireyler gibi kabartma kitabın sayfalarını çevirip okuyabileceklerdir. Bunun için öncelikle Braille alfabesini öğrenmeleri gerekmektedir. Bu alfabeyle onlara öğretecek olan eğitim kurumu sayesinde bu zorluğu kolayca aşabilmektedirler. Çalışmamızın kapsamında belirli sebeplerden dolayı bu eğitim kurumlarına gidemeyen veya kendi kendine alfabeyle öğrenmek isteyen görme engelli bireyler için dinamik bir eğitim kiti tasarlanmıştır. Bu eğitim kiti ve kit ile haberleşecek bir telefon uygulaması geliştirilmiş ve görme engelli bireylerin Braille alfabesini kolayca öğrenmeleri hedeflenmiştir. Çalışmamızda sırasıyla Proteus programının İSİS elektronik devre dizaynı alt programında gerçekleştirdiğimiz prototipin simülasyonu çizilmiş, devamında bu simülasyonda bulunan mikro denetleyici için donanım yazılımı yazılmış ve Android telefon yerine simülasyondaki terminal kullanılarak bilgisayar ile simülasyon arasında haberleşme gerçekleştirilerek tasarlanan devrenin çalıştırılması sağlanmıştır. Devamında devrenin baskılı devre şeması çıkartılmıştır ve mekanik donanım ile birlikte platforma monte edilerek çalışmaya hazır hale getirilmiştir. Telefon üzerine yüklenecek Android uygulamasının mobil yazılımı yazılmış ve donanımımız ile haberleşmesi sağlanarak prototip gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Braille Alfabeti, Android, Mikro Denetleyici

## **Electromechanical Training Kit and Android Phone Application that Teach Braille Alphabet to Visually Impaired Individuals**

**ABSTRACT:** With the project we have implemented, visually impaired individuals will be able to turn and read the pages of the relief book, just like visually impaired individuals. For this, they must first learn the Braille alphabet. Thanks to the educational institution that will teach them this alphabet, they can easily overcome this difficulty. Within the scope of our study, a dynamic education kit has been designed for visually impaired individuals who cannot go to these educational institutions for certain reasons or who want to learn the alphabet on their own. This training kit and a phone application to communicate with the kit were developed and it was aimed for visually impaired individuals to learn the Braille alphabet easily. In our study, the simulation of the prototype we realized in the ISIS electronic circuit design sub-program of the Proteus program was drawn, then the firmware was written for the microcontroller in this simulation, and the designed circuit was operated by communicating between the computer and the simulation using the terminal in the simulation instead of the Android phone. Subsequently, the printed circuit diagram of the circuit was created and it was mounted on the platform together with the mechanical hardware and made ready to work. The mobile software of the Android application to be installed on the phone was written and a prototype was made by communicating with our hardware.

**Keywords:** Braille Alphabet, Android, Micro Controller

### **1. GİRİŞ**

Görme engelliler için var olan bazı teknolojiler Tablo 1 de sıralanmıştır. Tarayıcılar, Braille Displayler, Braille Yazıcılar, Braille Matbaa, Sesli Kütüphane, Ekran Okuma Programları, Türkçe Sentezleyiciler, Taşınabilir Tarama ve Okuma Cihazları, yazılımlar, v.b.

Genellikle bu cihazlar hazır bir kitabı tarayıp seslendirmeye ve/veya görme oranı %0 dan biraz daha yüksek olan az gören bireyler için ise büyütme görevini sağlamaktadırlar. Bunun yanı sıra taranan kitapları Braille alfabesine çevirip sonra Braille yazıcıda baskı alabilmektedirler.

Tablo 1: Görme engelli bireyler için geliştirilen piyasadaki cihazlar<sup>4</sup>

	
Braille Ekran ve Not Alma Cihazı	Ekran Okuma Yazılımı
	
Kabartma Daktilo	Taşınabilir Tarayıcı ve Okuma Cihazı
	
Kabartma Resim Baskı Makinesi	Braille Yazıcı

Gerçekleştirdiğimiz çalışmanın amacına hizmet eden bir projeye rastlamamış olmamız bunun düşünülmediği anlamına tabi ki gelmemektedir fakat “Braille Ekran” isimli ürün, çalışmamıza yakınlık teşkil etmekle birlikte, o da kişisel kullanım için üretilmiş olup eğitim teknolojisi alanına girmemektedir.

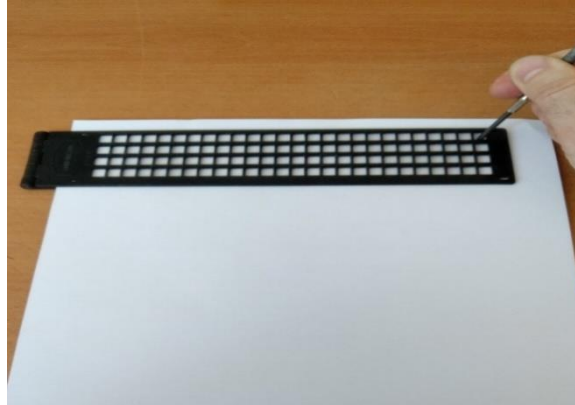
Bu çalışmadaki amacımız, eğitim alanındaki bu eksikliğe destek olmak ve Braille alfabesi bilen görme engelli bireylerin sayısını arttırmaktır. Çalışmamız ile bunu sağlamaya bir adım daha yaklaşmış olmak “nasıl yapabiliriz” ‘ın cevabıdır. Öğrencilere Braille alfabesini eğlenceli şekilde öğretecek bir uygulama kiti ve kit ile haberleşecek Android telefon uygulaması hazırlayarak amacımıza yönelik bir mühendislik projesi gerçekleştirmiş olunmaktadır. Uygulama kitinin ve Android yazılımının geliştirilmeye açık olarak bırakılması da projemize bir özellik daha kazandırmıştır.

<sup>4</sup>([www.brailleteknik.com/urun-kategori/gorme-engelli-teknolojileri/page/4/](http://www.brailleteknik.com/urun-kategori/gorme-engelli-teknolojileri/page/4/))

## 2. AMAÇ

Görme engelli birey, Şekil 1 de görüldüğü gibi kabartma yazıyı özel bir kağıdı her bir hücrelerinde 6 delik bulunan plastik tablete, harfleri Braille alfabesinin aynaya göre tersinin alınmış halini bir çivi yardımıyla kağıdı delerek oluşturmaktadır. Kağıdı tableten çıkartıp ters çevirdiğinde harflerin kabartılmış kodları kağıtta çıkıntı halinde kalmaktadır. Bu kabartıların ezilmemesi, kağıdın özel olmasından kaynaklanmaktadır ve her kırtasiyeden kolayca temini söz konusu değildir. Her ne kadar problem olarak nitelendirmek doğru gibi gözükmesede, Braille alfabesini öğrenmek isteyen birinin eğitiminin başlarında, Braille ile yazılmış kabartma harfin doğru olup olmadığını gören birisi ile teyit etmesi gerekmektedir. Öğrenci, bunu öğretmen veya bir yakını vasıtasıyla gerçekleştirmektedir. Görme engellilerle ilgili geliştirilen projelerin temelinde görülemeyen nesnelere veya yazıların ses şekline dönüştürülerek görme engelli bireye anlatılması yönünde çalışılmaktadır. Ekran görüntüsünü Braille 'e çeviren cihazlar da yüksek fiyatlarda piyasada bulunmaktadır.

Şekil 1: Tablet kullanarak Braille kodlu kabartma yazı yazılması



Bu çalışmamızda, Braille harflerini, mekanik kabartma harflere mobil telefon aracılığıyla çeviren elektromekanik eğitim kiti geliştirilmiştir. Android işletim sistemli cep telefonuna yüklenecek olan hazırladığımız uygulama sayesinde görme engellilere Braille kabartma yazıyı öğreten eğitim kurumlarının kullanabilmesine ek olarak kendi kendine Braille kodlamasını öğrenmek isteyen görme engelli bireyler de bu prototip sayesinde kendi eğitimini kendisi alabilecektir. Braille eğitimini kabartma kâğıt üzerinde öğretmeden önce, öğretmenin kontrolündeki bir Android işletim sistemli telefon ile tüm öğrencilere aynı anda istediği harfi Bluetooth ile öğretebilmektedir.

Tüm öğrencilerde bulunacak olan prototipimize aynı anda harfler gönderilebildiği gibi geliştirdiğimiz Android uygulamasına eklenecek bir özellik sayesinde istenilen öğrenciye diğer öğrencilerden ayrı olarak da harf gönderilebilecektir. Peki bu nasıl olacaktır? Bu soruyu çözmek için mevcut teknolojiyi iyi kullanabilmenin yanı sıra teknolojiyi hayata geçirmek için gerekli alt yapıyı hazırlayıp bu soruya yanıt aramak ve çözüm üretmek, devamında görme engelli bireylerin motivasyonuna yönelik bir adım atmış olmak projenin hedefleri arasındadır.

### 3. ÖZGÜNLÜK

Toplumlarda kişiyi engelli yapan şey, fiziksel organlarındaki farklılıklar değil, toplumdaki düzenleme ve önyargılardır. Örneğin kişinin gözlerinin görmemesi, okuyacağı kitaplar yalnızca mürekkep baskılı olduğunda, kullanacağı yazılımlar erişilebilir olmadığında, gideceği yerlere yalnızca kör olduğu için alınmadığında bir engel haline gelir<sup>5</sup>. Çalışmamız, dijital eğitim kiti ve telefon uygulaması olarak tasarlanmış ve gerek ulusal gerekse de uluslararası eğitim kurumları için düşük maliyetli olması avantajını kullanarak, başka maksatlar için yine görme engelliler için üretilmiş olan eğitim amaçlı olmasa da kullanım amaçlı olarak satışta olan ürünlerin alt ürünü olarak tasarlanmıştır. Piyasada yüksek fiyatlarda satışta olan ürünler genellikle tablet bilgisayar ekran görüntüsünü Braille kabartma yazıya çeviren cihazlardır. Tabi bu cihazların çıktısı olan kabartma yazıyı okuyabilmek için Braille kodlamasını bilmek gereklidir. Bu açığı kapatmak için geliştirdiğimiz eğitim kitimiz görme engelli bireylere gündelik yaşama bir artı daha kazandırabilmek için kazanım sağlayacaktır. Artık ilaç kutularının üzerinde, kurumların duvarlarında gidilmek istenen konumu bildirmek için v.b. yerlerde kabartma harfler yer almaktadır. Otobüs duraklarında sesli bildirim yapan otomasyonlar, telefon ve bilgisayar ekranındaki yazıları seslendiren yazılımlar gibi yardımcı programlar sayesinde görme engelli bireylerin hayatını kolaylaştırmak için teknoloji son haddine kadar kullanılmaktadır. Duyarlı vatandaşların yardımıyla seslendirilen kitaplar sayesinde artık kütüphanelerde ve internet üzerinden istenilen kitabı sesli olarak dinleyebilen görme engelli öğrenciler, görebilen öğrenciler ile arasındaki farkı kapatabilmektedirler. Kitap okumanın ve kağıdı koklamanın vereceği hazzı tadabilmeleri için Braille kabartma yazı kodlamasını biliyor olmaları gerekmektedir. Çalışmamız ile bu özelliği kazandırmak amaçlanmıştır. Çalışmamız sonucunda çıkan prototipin düşük maliyeti sayesinde kolay ulaşılabilir olacağı düşünülmektedir. Gerçekleştirdiğimiz prototip aynı anda sadece bir harf gösterebilmektedir. İleride endüstriyel gelişimi olacaksa eğer, prototipin donanımsal olarak paragraf çevirebilecek

---

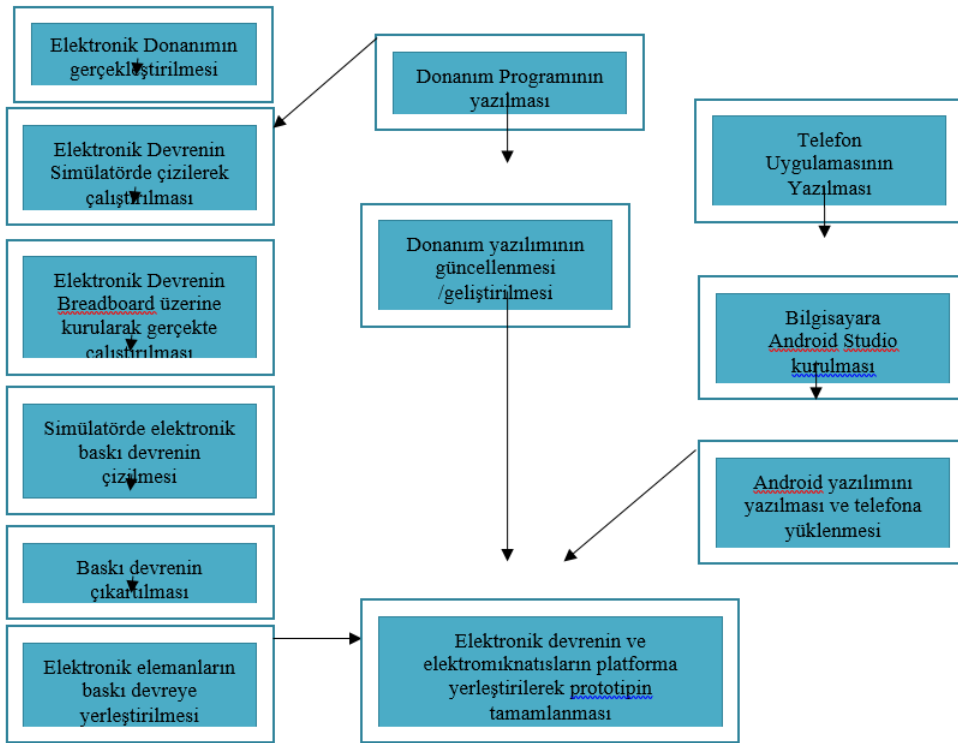
<sup>5</sup> (www.engelsizerisim.com)

şekilde büyütülmesini, yazılan Android uygulamasının kelime işleme programı seviyesine çıkartılarak yazılım açısından da gelişmesini sağlamak amaçlarımızın başında gelmektedir. Hazırladığımız uygulama kitinin düşük maliyetli olması, tercih edilmesinin ve eğitim alanında yaygınlaşmasının önünü açacağı düşüncesinde olmaktadır ve bu eğitim kiti ile haberleşecek Android uygulama programının da tarafımızdan yazılmış olması maliyeti oldukça düşük seviyelere çekmiştir.

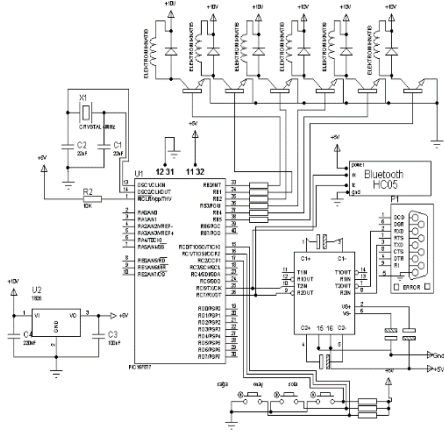
#### 4. YÖNTEM VE TEKNİKLER

Şekil 2 de çalışmamızın tasarım aşamaları yer almaktadır. 12 aylık bir süreçte gerçekleşen bu çalışma, tasarım aşamasındaki sıraya göre gerçekleştirilmiştir.

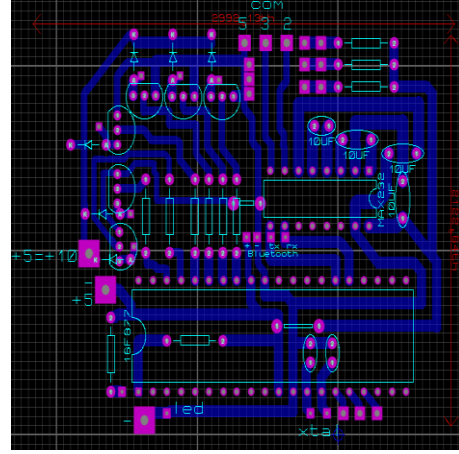
Şekil 2: Tasarım aşamaları



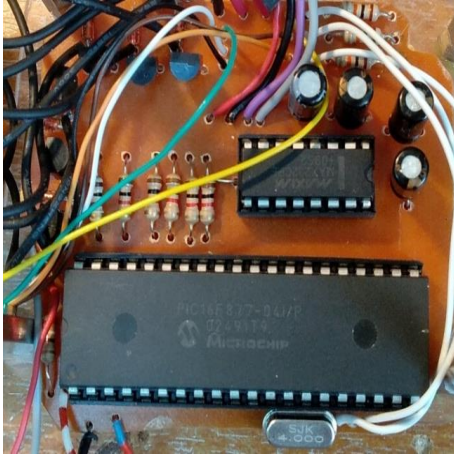
Şekil 3: Simülâtör çizimi



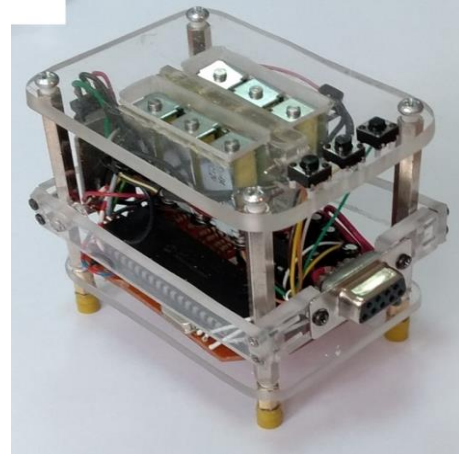
Şekil 4: Baskı devre çizimi



Şekil 5: Elektronik kart



Şekil 6: Prototip



Şekil 3 te izlenen tasarım aşamasındaki ilk aşama olan projenin simülâtörde elektronik devresinin tasarlanması yer almaktadır. Proteus devre dizayn programının İsis alt programında elektronik devre tasarlanıp sanal ortamda çalıştığı görüldükten sonra Şekil 4 teki baskı devresi Proteus devre dizayn programının Ares alt programında çizilmiştir ve baskı devre basma yöntemleri kullanılarak elektronik kart hazırlanmış ve elektronik elemanlar kart üzerine yerleştirilip lehimlendikten sonra Şekil 5 teki gibi görünmektedir. Gerçekleştirilen bu kart, Şekil 6 daki gibi platforma

yerleştirilmiş ve platformun üzerinde yer alan elektromıknatıslar ve butonlar ile bağlantısı yapılarak çalışmaya hazır hale getirilmiştir. Donanımın içerisinde yer alan ve elektronik tüm kontrolleri üstlenen mikro denetleyicimiz PIC ailesinin en çok kullanılan ürünlerinden olan PIC16F877 dir. PicBasicPro<sup>6</sup> dilinde yazılan ve .hex uzatısına çevrilen donanım programı elektronik kart üzerinde yer alan RS232 seri haberleşme entegresi sayesinde herhangi bir eeprom programlayıcı cihazı kullanmadan mevcut devre üzerinde mikro denetleyiciye gömülmüştür. Bundan sonraki tüm donanım yazılımı güncellemeleri cihaz üzerinden yapılabilecektir.

Şekil 7 a ve b de projemiz için tasarladığımız Android ara yüzleri yer almaktadır. Şekil 7-a 'da prototip ile mobil cihaz arasındaki bağlantı sağlandıktan sonra ekrana gelen kullanıcı ara yüzü, Şekil 7-b 'de ise kullanıcının duyması için seslendirmeli eğitim ara yüzü yer almaktadır. Uygulama programı tasarlanırken kullanım kolaylığı, kolay anlaşılır olması ve gereksinimler doğrultusunda geliştirilebilmesi ile arkadaş canlısı uygulama olmasına dikkat edilmiştir. Uygulamadan biraz bahsedecek olursak, prototipe enerji verildiğinde prototip üzerinde bulunan Bluetooth'un modeli mobil telefonumuzda görülmektedir. Telefondan bu modül seçilerek prototipe bağlanılır ve uygulama açılır. Uygulama ister eğitim amaçlı isterse de prototipin üzerindeki butonlar sayesinde öğrencinin kendi kendini test etmesi amaçlı kullanılmaktadır. Uygulama üzerinde büyük ve küçük harfi seçen bir buton ve harfler ve sayıların seslendirilmesini açıp kapatan bir buton vardır. Uygulamanın en altında yer alan içi boş 6 nokta ise seçilen harf ya da sayının Braille alfabesine göre kodlanmış halini noktaların içini doldurarak göstermektedir. Bu özellik eğitimci öğretmen veya öğrencinin görebilen yakını için donanım ile yazılımı karşılaştırma amaçlı konulmuştur. Prototip üzerinde 3 adet buton vardır. Ortadaki buton rastgele harf çağrılmasında, sağdaki ve soldaki butonlar ise sıralı olarak harfleri çağırılmaktadır. Rastgele harf istenildiğinde önce elektromekanik mıknatıslar uygulamanın gönderdiği harf ya da sayının Braille alfabesine göre kodlanmış hali şeklinde tetiklenmekte ve öğrencinin cevabı bulması için 5 saniye zaman vermekte, sonra isteğe nazaran cevabı sesli olarak söylemekte veya uygulamadaki ses butonu kapalıysa gören bir yardımcı tarafından cevap uygulamaya bakılarak öğrenciye iletilmektedir. Sağdaki buton harfleri ileri yönde, soldaki buton ise harfleri geri yönde çağırılmaktadır. Bu kısmın amacı ise öğrencinin kendi kendine öğrenmesini sağlamak amaçlı konulmuştur. Elektronik kartını kendimiz tasarladığımız elektromekanik Braille eğitim kitimiz Şekil 3 de yer almaktadır.

---

<sup>6</sup> BAYRAM, U. (2012) PicBasicPro da 50 uygulama, Kriter Yayıncılık, İstanbul.

Şekil 7: a) Android uygulaması kullanıcı ara yüzü



b) Android uygulaması seslendirme ara yüzü



## 5. SONUÇ

Çalışmamızın tamamı hedeflenen çerçevede gerçekleştirilmiştir. Estetik açıdan, donanım ve mobil uygulama kısımlarında iyileştirmeler yapılabilir. Gerçekleştirilen prototip fonksiyonel özelliklere sahiptir. Hem eğitmen eşliğinde kullanılabilir hem de görme engelli birey bireysel olarak kullanabilecektir. Yaptığımız araştırmalara göre benzer bir cihaz herhangi bir endüstri kurumunda uygulanmamıştır. Proje-miz 2019 yılında, TÜBİTAK 2242 Üniversite Öğrencileri Araştırma Proje yarışma-sında İzmir Eğitim kategorisi birincisi olup, TEKNOFEST 2019 daki final yarışma-sında eğitim kategorisinde 4. cülük kazanmıştır. Prototipin patent başvurusu Aralık 2019 yapılmış ve süreç devam etmektedir.



# PAMUK/POLYESTER KARIŞIM ORANININ ÇORAPLARIN BAZI KONFOR VE PERFORMANSLARI ÜZERİNE ETKİSİ

**Dr. Sena CİMİLLİ DURU**  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Cevza CANDAN**  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**ÖZET:** Göreceli bir kavram olan konfor, insanın çevre içerisinde kendini iyi hissetme halidir. Giysiler bu hissi vücut hareketlerini sınırlamaması ve vücudu kendi ısını düzenleme mekanizmasına mani olmaması veya yardımcı olması durumunda verebilmektedir. Vücut hareketiyle ilgili olan kısım daha çok giysi yapısı ve kumaş özellikleriyle alakalı bir durumken; vücut ısısının düzenlenmesi kumaşın nem, su, hava ve ısı geçirgenlik değerlerinden oluşmaktadır. Geçmişe oranla artan refah seviyesi ve toplum bilinci ile birlikte artık giysilerin de modern çağın getirdiği tempoya uyum sağlaması ve insana aradığı konforu sunması beklenmektedir. Günlük çalışma koşulları içerisinde vücudun diğer bölgelerine göre daha az hava sirkülasyonu olan ayakkabı içinde yer alan ve tene doğrudan temas eden çorabın, diğer giysilere göre daha fazla konfor sağlaması beklenmektedir. Diğer taraftan, tüketici alımını etkileyen bir diğer etken ise maliyet faktörüdür. Bu noktadan yola çıkarak, çalışmada pamuk/polyester karışım oranı değişen (100/0, 67/33, 50/50, 33/67) süprem kumaş yapısına sahip çorapların bazı konfor özellikleri ve kullanım ömrünü belirleyen patlama mukavemeti sonuçları irdelenmiştir. Ayrıca, bu ipliklerden gevşek ve sıkı olmak üzere iki farklı ayarda çorap örülerek kumaş sıklık faktörünün etkisi de araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kumaşlarda polyester oranının artması ile birlikte kuruma süresi ve transfer ıslanma miktarının azalma eğiliminde olduğu görülürken, kullanım süresinin ise arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, kumaş sıklık parametresinin özellikle yüksek polyester oranına sahip kumaşlarda önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** çorap, konfor, pamuk, polyester, transfer ıslanma, kuruma, patlama mukavemeti

## **Effect of Cotton/Polyester Blend Ratio on Some Comfort and Performance Properties of Socks**

**ABSTRACT:** People are comfortable in their garments when they are feeling good in the environment. Garments can give this effect when people

both are freedom of motion and can regulate or help their thermoregulation system. Body motion is concerned with fabric construction and properties, on the other hand, body temperature regulation is related with vapor, air and heat transfer. Owing to fact that socks and inner garments are connected with skin directly, as a result they have an important role on feeling comfortable. In addition, during daily life, less air circulation occurs at socks in the shoes than the other part of the body so socks need to perform better comfort than the other garments. On the other part, cost is another parameter that affects consumer's buying behaviors. In the light of foregoing points; a study is edited to investigate the effect of both change in cotton/polyester blend ratio (100/0, 67/33, 50/50 to 33/67) and fabric tightness on some comfort as well as performance properties of plain knitted socks. The results showed that with the increase of polyester fiber content, transfer wicking ratios of the socks were decreased but they dry faster and have longer life compared to % 100 cotton ones. In addition, fabric tightness is more important for the fabrics with high polyester ratio.

**Keywords:** socks, comfort, cotton, polyester, transfer wicking, drying rate, bursting strength

## 1. GİRİŞ

Göreceli bir kavram olan konfor, insanların günümüzde günlük hayatlarında her şeyde olduğu gibi giysilerde de aranan en önemli özelliklerden biri haline almıştır. Geçmişe oranla artan refah seviyesi ve toplum bilinci ile birlikte artık giysilerin de modern çağın getirdiği tempoya uyum sağlaması ve insana aradığı konforu sunması beklenmektedir. Öncelikle vücudu koruması beklenen giysinin bedene uygunluk, görsel çekicilik gibi faktörlere sahip olmasının beklenmesinin yanı sıra, insanların giysiler içinde kendilerini konforlu hissedebilmesi için giysinin vücut ısısını ortalama bir değerde tutması ve kuru hissettirmesi gerekir. Bu nedenle de bir giysinin konforlu olup olmadığını belirleyebilmek için insan vücudunun ihtiyaçlarının neler olduğunu bilmek gerekir. (Ünsal, 2005). Örneğin; vücut, cilt sıcaklığı 33-35 °C olduğu ve sıvı terleme olmadığı zaman konfor durumunda olur. Giysiden beklenen, çevresel şartlardaki değişimler halinde bu koşulları koruması ve aktivite düzeyi arttığında vücudun temel gereksinimlerini karşılamasıdır. Bunu sağlamak için giysi, vücudun değişen koşullarda dengeyi sağlamak için buharlaştırdığı nemi emerek dışarı vermeli ve ısı dengeyi korumalıdır. Aksi takdirde sıvı haldeki ter birimi çok fazla olur ve bu uzaklaştırılmadığında vücutta rahatsızlık yaratır. İdeal giysi, sıvı haldeki teri ıslaklık hissi vermeden uzaklaştırarak konforu sürdürür (Demartino vd., 1984:447).

Aşırı sıcak ve nemli bir ortamda veya yoğun bir aktivasyondan sonra oluşan sıvı haldeki terin deri üzerinden atılması giysinin ıslanma ve kuruma performansı ile sağlanır. Bu giysi konforu açısından önemli bir faktördür. Bu performans kumaşın

ıslanabilirliği ve kılcal ıslanmasıyla alakalı bir durumdur. Kissa'nın (Kissa, 1996:660) yaptığı tanımlamaya göre, ıslanma katı-hava kesitinin katı-sıvı kesitiyle yer değiştirmesi olayına denir. Sıvı ile tekstil malzemeleri arasındaki ilişki ise dört mekanizmayla açıklanabilir: lif yüzeyinin ıslanması, sıvının lifler arasından taşınması, lif yüzeyinde oluşan adsorbsiyon ve sıvının lif içine difüzyonu (Kissa, 1996:660). Fourt (Fourt vd., 1951:26) ise genel olarak kurumanın üç evreden oluştuğu belirtmiştir. Birinci evrede ıslak kumaş çevresine göre sıcaklığını denge haline getirir, ikinci evrede sabit bir kuruma periyodu olur. Bu periyotta kumaş içindeki su hızla yüzeye doğru çıkar ve sabit hızda bir buharlaşma gerçekleşir. Kritik nem oranına ulaştığında ise bu sabit kuruma biter ve daha yavaş bir kuruma gerçekleşir. Çünkü yüzeydeki su artık buharlaşmış ve dengeye ulaşmıştır ancak yüzeyin altında hala kuruma devam etmektedir. Kumaş ısı konforuna etki eden unsurları Radhakrishnaiah ve Tejatalert (1993:573) aşağıdaki gibi sıralamışlardır;

- a. Liflerin ve kumaşın yapısında hapsolmuş havanın termal iletkenliği
- b. Liflerin özgül ısısı
- c. Kumaş kalınlığı
- d. Kumaşın gözenekliliği, bünyesindeki hava boşluklarının sayısı, boyutu ve dağılımı
- e. Kumaş yüzeyi (lif tipi, örgü yapısı, uygulanan yüzey işlemleri)
- f. Kumaş ve çevre yüzeyler arası temas alanı
- g. Ciltten kumaşa iletimle gerçekleşen ısı kaybı
- h. Ciltten kumaşa ve kumaş yüzeyinden konveksiyon ile gerçekleşen ısı kaybı
- i. Işınım ile gerçekleşen ısı kaybı
- j. Ciltten ya da kumaştan su buharlaşmasıyla gerçekleşen ısı kaybı
- k. Kumaş tarafından su absorpsiyonundan dolayı gerçekleşen ısı kazanımı
- l. Dış atmosfer koşulları

Çalışmanın konusunu oluşturan ve gün boyunca en çok kapalı kalıp nemlenerek rahatsızlık hissi verebilen, dolayısıyla konfor konusunda en çok göz önünde bulundurulması gereken giyim eşyası olarak çorapların sahip olması gereken parametreler şu şekil sıralanabilir:

- Nemin deriden hızla emilmesi
- Nemin kumaş yüzeyinden hızla buharlaştırılması
- Vücut sıcaklığının uygun seviyede tutulması

- Hijyenik olması
- Konfor özelliklerinin yıkama sonrası kaybolmaması
- Rahat hareket imkânı sağlaması
- Tuşesinin yumuşak olması

Günümüz yaşam koşullarında diğer bir parametre ise alımı gerçekleştirilen ürünün sürdürülebilir olmasının yanı sıra ucuz da olmasıdır. Değişen dünya şartlarında, çorap sektöründe yoğun bir şekilde kullanılan pamuk elyafının maliyeti her geçen gün atmaktadır. Bu noktadan yola çıkılarak, bu çalışmada kumaş yapısına polyester elyafı katıldığı zaman kumaş performansının ne şekilde değiştiği irdelenmiştir. Polyester miktarı değişen dört farklı Ne 30/1 rotor iplik çalışmada kullanılmıştır. Ayrıca, kumaş üretim hızı ile maliyetini etkileyen kumaş sıklık faktörünün de etkisini görebilmek amacıyla kumaşlar sıkı ve gevşek olmak üzere iki farklı ayarda örülmüşlerdir.

## **2. MALZEME VE METOD**

### **2.1 Malzeme**

Bu çalışmada pamuk/polyester karışım oranının çorap konfor ve performans özelliklerini ne şekilde etkilediğini araştırmak amacıyla %100 pamuk, % 67/33 pamuk/PET, %50/50 pamuk/PET ve 33%/67 pamuk/PET kompozisyonlarına sahip dört farklı Ne 30/1 rotor iplik kullanılmıştır. Bu ipliklere; numara (TS 244 EN ISO 2060), tüylülük (TS 12863), düzgünsüzlük (TS 7123), büküm (ASTM 1422-99) ile mukavemet ve uzama (TS ISO 2062) testleri yapılmış ve elde edilen veriler Tablo 1'de görülmektedir.

**Tablo 1:** İplik özellikleri

Numune	Tüylülük				İplik düzensüzlüğü				Büküm		Mukavemet	
	n1	n2	n3	s3	CVm %	İnce yer %50/100m	Kalın yer %50/100m	Neps +200%/1000m	Tur/m	% CV	Yük (kgf)	Uzama (%)
%33 Pamuk %67 PET	10688,3	1624,67	417	782,33	14,08	4	46	129	869,6	9,2	0,457 31	58,555
%50 Pamuk %50 PET	15034	3007,33	893,67	1546	15,78	15	145	376	646,6	5,01	0,399 59	50,048
%67 Pamuk %33 PET	20013,3	4460,33	1489,3 3	2695,67	14,74	7	88	220	871,4	4,13	0,354 76	41,893
%100 Pamuk	13566	2589,67	819	1424	12,46	0	13	80	893,6	7,56	0,331 69	34,278

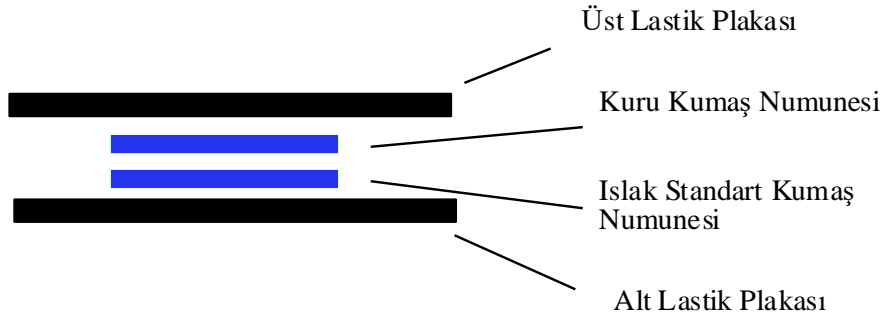
Çalışmada kullanılan çoraplar Sangiacomo firmasına ait Fantasia 1C isimli makinesiyle süprem kumaş yapısında üretilmiştir. Ayrıca, çoraplar kendi içlerinde gevşek ve sıkı ayarlarda olacak şekilde çeşitlendirilerek kumaş sıklık faktörünün bahsi geçen alanlara olan etkisi irdelenmiştir. Örülen çoraplar, burun dikişleri yapıldıktan sonra, hepsi aynı kazanda aynı reçete ile boya prosesinden geçirilip son olarak da ütüleme (forma) işlemiyle hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan tüm çoraplar 22 °C, %65 RH standart şartlarında deneylere başlamadan önce iki gün kondisyona tabi tutulmuştur. Çalışmada kullanılan çorapların özellikleri Tablo 2’de görülmektedir.

**Tablo 2:** Kumaş özellikleri

Numune	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	İlmek yoğunluğu (ilmek/cm <sup>2</sup> )	Kalınlık (mm)
PL-33/67 C/P-G	0,22	167,4	1,39
PL-33/67 C/P-S	0,25	229,25	1,91
PL-50/50 C/P-G	0,18	172,84	1,2
PL-50/50 C/P-S	0,27	221,81	1,73
PL-67/33 C/P-G	0,25	179,96	1,35
PL-67/33 C/P-S	0,26	233,74	1,78
PL-100 C-G	0,21	184,14	1,29
PL-100 C-S	0,28	256,06	1,62

## 2.2 Method

Transfer ıslanma testi için, Zhuang ve arkadaşlarının (Zhuang vd., 2002:727) kullandıkları test yöntemi esas alınmıştır. Bunun için 7.45 cm çapında dairesel numuneler hazırlanmıştır. Aynı kumaştan kesilen iki parçadan biri ıslatıp fazla suyu kurutma kâğıdıyla alındıktan sonra yaş tabaka olarak ön yüzü üstte kalacak şekilde zemine yerleştirilmiştir. Kuru kalan kumaş da yine önyüzü üstte kalacak şekilde yaş tabakanın üzerine konulduktan sonra en üste sabit bir basınç sağlaması açısından bir ağırlık konmuştur. Şekil 1’de kullanılan deney düzeneği görülmektedir. Kullanılan ağırlık, Zhuang' ın (Zhuang vd., 2002:727) çalışmasında belirttiği optimum aralık içinde bulunan 15.6 kg/m<sup>2</sup> lık bir ağırlık seçilmiştir. 5, 10, 15, 20, 25, 30. dakikalarda olmak üzere toplam 8 ölçüm kaydedilmiştir.

**Şekil 1:** Transfer ıslanma test düzeneği

Kuruma hızı testi için Fourt (Fourt vd.,1951:26) ve Coplan'ın (Coplan, 1953:897) çalışmaları örnek alınmıştır. İlk önce numunelerin ağırlıkları tespit edilmiş, daha sonra saf su içinde 1 saat bekletilerek tamamen ıslanması ve üzerinde hiç hava kabarcığı kalmaması sağlanmıştır. Sudan çıkarılan numunelerin fazla suyu hafifçe sıkılarak kalan fazla suyun uzaklaştırılması için numunelerin her iki yüzü ikişer dakika kurutma kâğıdı üzerinde bekletilmiştir. Fazla suyu alınan kumaşlar, kurumaları için, standart şartlarda kurutma telleri üzerine serilmiştir. Önce her yarım saatte daha sonra saatte bir olmak üzere kumaşların ağırlıkları ölçülmüştür. Ölçülen değer numunenin ıslatılmadan önceki ağırlığının %105 seviyelerinde bulunduğu kuru kabul edilerek ölçüm durdurulmuştur.

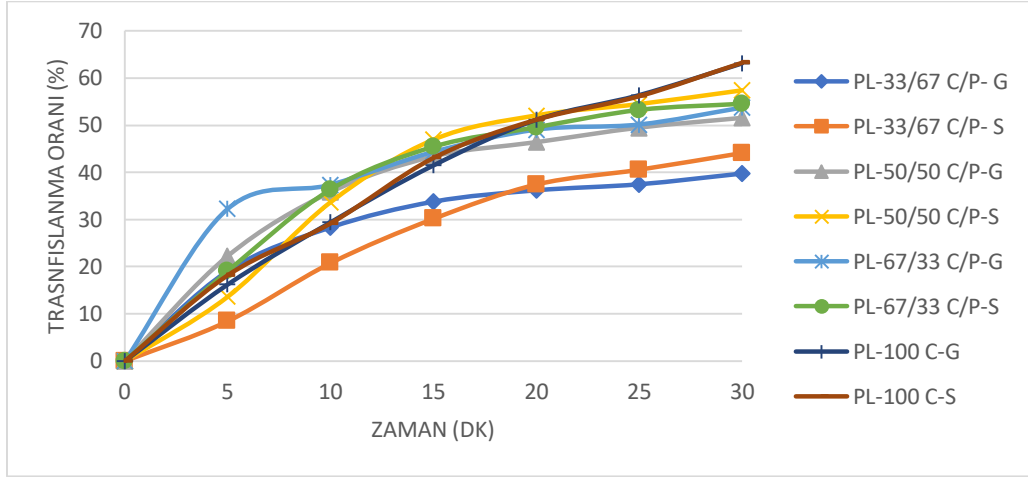
Çorapların patlama mukavemeti testi ise TS393 EN ISO 13938 standardına göre yapılmıştır.

### **3. SONUÇLAR**

#### **3.1 Transfer ıslanma**

Sıvı transfer hareketleri grafiksel olarak Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2 ve Tablo 3 detaylı olarak incelendiği zaman % 100 pamuktan yapılmış ve sıkı kumaş yapısına sahip çorapların en yüksek transfer ıslanma oranına sahipken, % 33 pamuk oranına ve gevşek kumaş yapısına sahip çorapların ise en düşük ıslanma oranına sahip oldukları görülmüştür.

Hem gevşek hem de sıkı kumaş yapısına sahip çoraplarda pamuk miktarının artması ile birlikte transfer ıslanma miktarının da arttığı görülmüştür. Literatür araştırmalarına göre ıslanma miktarı lifin yüzey enerjisine ve liflerin iplik içindeki yerleşimine bağlı olarak değişmektedir (Yoon ve Buckley, 1984:289). Bu yüzey enerjisi de temas açısıyla tespit edilir. Su sever lifler yüksek yüzey enerjisine ve düşük temas açısına sahiptir, daha çok sıvıyı kolayca emebilirler. Su itici lifler ise düşük yüzey enerjileri ve yüksek temas açısı (90 dereceden fazla) nedeniyle sıvı emişi yapamazlar. Çalışmada pamuk miktarının artmasıyla birlikte yapının yüzey enerjisi de artmış ve yüksek transfer ıslanma miktarlarına ulaşılmıştır.

**Şekil 2:** Transfer ıslanma oranları**Tablo 3:** Transfer ıslanma oranları

	Gevşek	Sıkı
PL-33/67 C/P	39,75	44,16
PL-50/50 C/P	51,50	57,35
PL-67/33 C/P	53,69	54,55
PL-100 C	63,07	63,27

Sürekli, daha az kıvrımlı ve küçük çaplı kılcal damarlar, kılcal sıvı transferinde çok etkilidir (Jhanji, 2015:16). Tablo 2'ye göre sıkı kumaşların ilmek yoğunluk değerleri gevşek kumaşlara kıyasla oldukça yüksektir ve bu da iplikler arasındaki boşluğun azalmasına neden olmuştur. Elde edilen ıslanma sonuçlarına göre tüm karışım oranlarında kılcal basınç ne kadar yüksekse, ıslanma da o kadar yüksek olmuştur. Bu durum da literatür ile uyumludur (Hong ve Kim, 2007:218). Elde edilen diğer bir sonuç ise karışımdaki pamuk miktarını artırması ile birlikte kumaş sıklık parametresinin azaldığıdır.

### 3.2 Kuruma hızı

Tablo 4’de görülen kuruma değerleri incelendiği zaman en yüksek kuruma hızına sahip kumaş yapısının %100 pamuktan yapılmış gevşek kumaş yapısının sahip olduğu söylenebilirken, en düşük hızın ise en düşük pamuk oranı ile PL-Sıkı 67 kumaşının sahip olduğu gözlenmiştir.

**Tablo 4:** Çorap kuruma hız ve süreleri

	Kuruma zamanı, saat	Kuruma hızı, g/m <sup>2</sup> /sa
PL-Gevşek-33	7,36	60,96
<i>PL-Sıkı-33</i>	<i>7,09</i>	<i>77,25</i>
PL-Gevşek-50	7,46	85,58
<i>PL-Sıkı-50</i>	<i>6,81</i>	<i>87,11</i>
PL-Gevşek-67	9,17	74,21
<i>PL-Sıkı-67</i>	<i>7,42</i>	<i>60,51</i>
PL-Gevşek-100	8,95	95,58
<i>PL-Sıkı-100</i>	<i>7,62</i>	<i>69,81</i>

Elde edilen sonuçlara göre, kumaş sıklık faktörünün kumaş kuruma hızında önemli olduğu fakat bunda da pamuk/polyester oranının etkili olduğu söylenebilir. Şöyle ki, %33 ve 50 gibi düşük pamuk yoğunluğuna sahip sıkı örülmüş kumaşların kuruma hızları gevşeklere oranla daha yüksekken pamuk oranı %67 ve 100 olan çoraplarda ise gevşek yapıda olanların kuruma hızları daha fazla olduğu gözlenmiştir. Böylesine zıt bir durumun ortaya çıkmasında lif etkisi bariz bir şekilde ortaya çıkmıştır. Mamulün kuruması; nem tutuculuğuna ve lifteki kapiler migrasyon hızına bağlıdır. Kapiler göçün hızı öncelikle lif yüzeylerinin uzaysal yerleşimine bağlıdır. Kapiler göçün sürekliliği uzun ve dar gözenekli liflerde daha iyidir. Düşük nem absorpsiyonuna sahip olan polyester lifinin yüzdesi arttığı zaman, lif yapısından dolayı sıkı kumaş yapısına sahip olanlar daha iyi bir iç basınç oluşturup suyu uzaklaştırma eğilimine girmişlerdir. Fakat pamuk oranı fazla olanlarda ise pamuk lifinin kendine

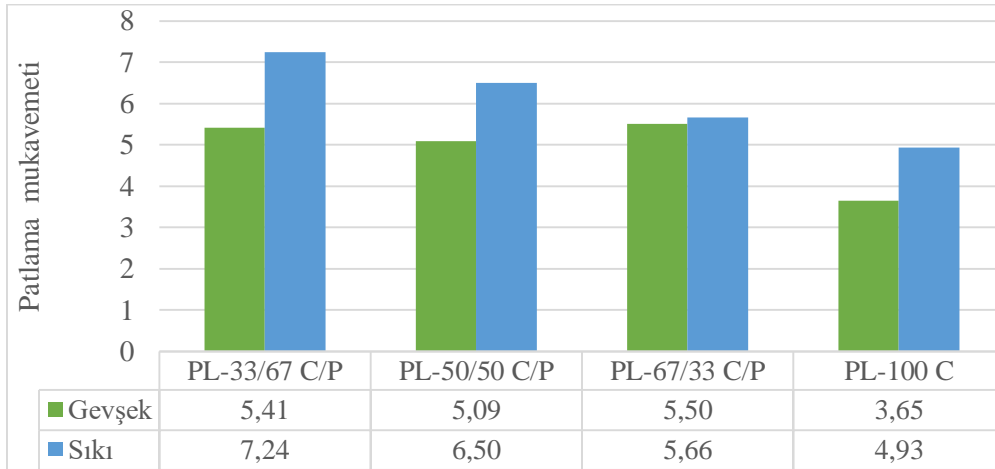
has spiral yapısının da katkısıyla gözenek yapısı sıkı kumaş yapısına sahip olanlarda olumsuz olarak etkilenmiş her ne kadar daha küçük gözenek yapısı olsa da süreklilik sağlanamamış olabilir. Bu da daha düşük kuruma hızının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Kumaş kuruma sürelerine bakıldığı zaman ise düşük nem oranına sahip olan polyester lifi ile örülmüş kumaşların suyu lif bünyesine yani lifler arası boşluklara çekmemesinden dolayı pamuk oranı yüksek olanlara oranla daha kısa süre de kurumuşlardır. Ayrıca tüm kumaş yapılarında iplikler ve lifler arasına yerleşen suyun kuruyarak uzaklaşması gözenekler arasındaki süreklilikten ötürü sıkı kumaş yapısında daha hızlı olmuştur.

### 3.3. Patlama mukavemeti

Şekil 3’den de görüleceği üzere %67 ile en yüksek polyester oranına sahip olan ve sıkı kumaş yapısında örülmüş kumaşların patlama mukavemeti değerleri en yüksek iken, %100 pamuk ile gevşek örülmüş çorapların ise en düşüktür.

**Şekil 3:** Kumaş patlama mukavemet değerleri



Kumaşın patlama mukavemeti özelliğinde, ipliğin uzaması ve mukavemeti ile kumaş yapısı etkili parametrelerdir (Değirmenci ve Çelik, 2016:101). Tablo 1’den de görüleceği üzere iplik karışım miktarındaki polyester miktarının artması ile birlikte iplik mukavemet ve uzama değerlerinin de arttığı görülmektedir. Böylelikle, yüksek mukavemetli iplikten üretilen çorapların kumaş mukavemet değerleri de yüksektir.

Diğer bir sonuç ise tüm iplik çeşitlerinden üretilmiş çoraplarda sıkı örülmüş çorapların patlama mukavemet değerleri gevşek olanlara kıyasla daha yüksektir. Tablo 2'den de görülebileceği üzere sıkı yapıdaki kumaşların hem kalınlıkları hem de ilmek yoğunluğu değerleri gevşek olanlara göre oldukça yüksektir. Böylelikle kuvvete karşı direnç de yüksektir. Elde edilen bulgular, literatür ile de uyumludur (Gün vd, 2008:588).

### 3.4. TOPSIS-AHP yaklaşımı

Üretimi gerçekleştirilen farklı lif kompozisyonuna sahip ve iki farklı sıklıkta üretilmiş toplam sekiz çorap numunesinden araştırılması gerçekleştirilmiş performanslarına göre beklentileri karşılayacak en iyi olanı seçebilmek için çalışmada hibrid Topsis-AHP yaklaşımı uygulanmıştır. Buna göre Tablo 5'de görülmekte olan önem dengesine göre ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

**Tablo 5:** Karar kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisi

	Karar kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisi		
	Transfer	Kuruma	Patlama
Transfer	1	5	3
Kuruma	1/5	1	1/5
Patlama	1/3	3	1

Daha sonra bu oluşturulan matrise göre her bir kriterin ağırlıkları belirlenmiş ve kumaşların gösterdiği performans test sonuçlarına göre Tablo 6'da görülmekte olan bir sıralama elde edilmiştir.

**Tablo 6:** TOPSIS- AHP yaklaşımına göre kumaşların sıralaması

Kumaşlar	d+	d-	yakınlık	sıralama
PL-50/50 C/P-S	0,0278	0,0879	0,76	1
PL-100 C-G	0,0586	0,0987	0,63	2
PL-67/33 C/P-S	0,0476	0,0700	0,60	3
PL-67/33 C/P-G	0,0501	0,0659	0,57	4
PL-100 C-S	0,2780	0,2780	0,50	5
PL-50/50 C/P-G	0,0605	0,0557	0,48	6
PL-33/67 C/P-S	0,0802	0,0619	0,44	7
PL-33/67 C/P-G	0,1039	0,0288	0,22	8

Elde edilen verilere göre %50/50 pamuk-/polyester oranına sahip ve sıkı olarak örülmüş çoraplar tüketici beklentilerini en iyi şekilde karşılamaktayken; pamuk oranı en düşük olan ve gevşek örülmüş çoraplar en kötü performansı sergilemişlerdir.

#### 4. SONUÇLAR

Öncelikle vücudu koruması beklenen giysi de bedene uygunluk, görsel çekicilik, farklı iklim koşullarına uyum sağlayarak vücut sıcaklığını belirli aralıklarda sabit tutma, üşütmemeye, terletmemeye ve sıkıntı vermeme gibi özellikler de aranmaktadır. Her ne kadar sentetik esaslı lifler oldukça iyi konfor performansı sunuyor olsa da doğal liflerin kullanımı özellikle günlük hayatta vazgeçilmez bir unsurdur. Ancak maliyet tüketici alım sürecini etkileyen diğer bir parametredir. Sürekli tene temas halinde bir giysi olması ve dış giyimin her mevsim ayrılmaz bir parçası olması bakımından çorap bu çalışmanın araştırma konusu olmuştur. Bu doğrultuda polyester oranı değişen çorapların ıslanma, kuruma ve mukavemet değerleri %100 pamuk ipliğinden üretilmiş çoraplar ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca kumaş sıklık faktörünün de bahsi geçen konulara etkisi irdelenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, üretilen kumaşlarda pamuk miktarının artması ile birlikte kuruma süresinin yanı sıra ıslanma miktarının da arttığı görülmüştür. Fakat pamuk iplik mukavemet değerlerinin polyester ipliğine kıyasla oldukça daha az olmasından ötürü bir düşüş yaşandığı tespit edilmiştir.

## REFERANSLAR

- COPLAN, M. J. (1953). Some moisture relations of wool and several synthetic fibers and blends, *Textile Research Journal*, 23, 897–916.
- DEĞİRMENCİ Z., ÇELİK N. (2016). Relation between extension and bursting strength properties of the denim viewed knitted fabrics produced by cellulosic fibers. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 24, 1(115), 101-106.
- DEMARTİNO, R. N., YOON, H. N., BUCKLEY, A., EVİNS, C. V., AVERELL, R. B., JACKSON, W. W., SCHULTZ, D. C., BECKER, C. L., BOOKER, H. R., HOLLİES, N. R. S. (1984). Improved comfort polyester, Part III: Wear trials, *Textile Research Journal*, 447-458.
- FOURT, L., SOOKNE, A., FRISHMAN, M. D. & HARRIS, M. (1951). The rate of drying of fabrics, *Textile Research Journal*, 21, 26–32.
- GÜN A.D., UNAL C. & UNAL B. T. (2008) Dimensional and physical properties of plain knitted fabrics made from 50/50 bamboo/cotton blended yarns. *Fibers and Polymers*, 9(5), 588-592.
- JHANJI Y., GUPTA D. & KOTHARI VK. (2015). Thermo-physiological properties of polyester–cotton plated fabrics in relation to fibre linear density and yarn type. *Fashion and Textiles*, 2,16.
- HONG C.J. & KİM J.B (2007). A study of comfort performance in cotton and polyester blended fabrics. *Fibers and Polymers*, 8,2, 218-224.
- KISSA, E. (1996). Wetting and wicking, *Textile Research Journal*, 66(10), 660- 668.
- RADHAKRISHNAIAH, P., TEJATALERT, S. (1993). Handle and comfort properties of woven fabrics made from random blend and cotton-covered cotton/polyester yarns *Textile Research Journal*, 63, 573-579.
- ÜNSAL C. (2005). Örne kumaşların ıslanma ve kuruma davranışlarının giysi konforu açısından incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Türkiye.
- YOON H. N., BUCKLEY A. (1984).Improved Comfort Polyester Part I: Transport Properties and Thermal Comfort of Polyester/Cotton Blend Fabrics, *Textile Research Journal*, 54,5, 289-298.
- ZHUANG, Q., HARLOCK, S. C. & BROOK D. B. (2002). Transfer wicking mechanism of knitted fabric used as under garment for outdoor activities, *Textile Research Journal*, 72 (8), 727–734.



# AKPINAR NEFELİNLİ SİYENİTİ VE ÜRETİM YÖNTEMİNİN EKONOMİK ANALİZİ

**Serhan HANER**

Afyon Kocatepe Üniversitesi

**ÖZ:** Nefelinli siyenitin en büyük tüketim alanları cam ve seramik sanayileridir. Serbest silis içermemesi, yüksek alkali ve alümina içermesi, yüksek ergitme gücü ve dar erime aralığı, cam endüstrisine ideal uyum gösteren karakteristiklerdir. Endüstrinin çeşitli kollarında kullanım alanı ve miktarı hızla artan bu değerli hammaddenin en büyük rezervleri Rusya, Kanada, Norveç, Brezilya, Çin ve Türkiye’de bulunmaktadır. Türkiye’deki madenciliği, Kırşehir ilinin Akpınar bölgesinde yapılmaktadır. Türkiye’deki sanayiciler açısından, nefelinli siyenitin alışılmışın dışında pahalı bir hammadde olarak görülmesi sonucunda, tüketimi düşük miktarlarda olmaktadır. Yeterince ilgi gösterilmeyen bu hammadde hakkında akademik anlamdaki bilimsel çalışmaların sınırlı kaldığı da görülmüştür. Bu çalışmada, Akpınar (Kırşehir) nefelinli siyenitinin mineralojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca Akpınar sahasından ocak teslimi üretim maliyeti belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstriyel hammaddeler, nefelinli siyenit, seramik, ekonomik analiz

## **Akpınar Nepheline Syenite and the Economic Analysis of Its Production Process**

**ABSTRACT:** The largest fields of consumption of nepheline syenite are the glass and ceramic industries. Its not containing free silica, containing high alkali and alumina, high melting power, and narrow melting range are ideal characteristics for the glass industry. Its field of use in various branches of the industry and the largest reserves of this valuable raw material whose quantity is rapidly increasing are found in Russia, Canada, Norway, Brazil, China, and Turkey. Its mining in Turkey is done in the Akpınar region of Kırşehir. As a result of nepheline syenite being seen as an expensive raw material other than its being accustomed to in terms of industrialists in Turkey, it is being consumed at low quantities. It has also been seen that scientific studies in an academic sense about this raw material, which has not been shown sufficient interest, are limited. In this study, their characterizations were carried out

with the determination of mineralogical, chemical and physical properties. In addition the cost of the pit delivery is determined from the field of Akpınar.

**Keywords:** Industrial raw materials, nepheline syenite, ceramic, economic analysis

## 1. GİRİŞ

Nefelinli siyenitler, olağan magmatik ayrımlaşma ile uçucularca zenginleşmenin karışımı bir süreçle oluşurlar. Nefelinli siyenitler, magmatik kökenli alkalin volkanik kayaçlardır. Nefelinli siyenitler magmatik ayrışmanın çok ilerlemiş döneminde kristalleşirler. Volkanik eşdeğeri fonolittir. Kanada yataklarının bazıları çeşitli bölgesel tektonik olaylar esnasında metamorfizma geçirmiştir. Diğer taraftan, daha eski bir yatak olan Finlandiya'daki livaara yatağı için metasomatik köken önerilmiştir (McLemore, 2006; Tuzcu, 1992). Tipik olarak alkali ya da karbonatit kompleksler ile ilişkili nefelinli siyenitler dünya genelinde ekonomik ve akademik alanlarda büyük ilgi görmektedir. Cam ve seramikte kullanılabilecek ekonomik nefelinli siyenit yataklarına ender rastlanır. Genellikle nefelinli siyenit yatakları yüksek miktarlarda demir içeriğine sahiptirler. En büyük rezervler ve küresel nefelinli siyenit üreticileri Rusya, Kanada, Norveç, Brezilya, Çin ve Türkiye'de bulunmaktadır. Dünya genelinde 2013 yılında, 59.3 milyon dolar tutarında (491.000 ton) nefelinli siyenit ithalatı yapılmıştır (McLemore, 2006; Tanner, 2015). Türkiye'de nefelinli siyenitin, B&S Yatırım A.Ş. Nefelin İşletmeleri tarafından Kırşehir ili Akpınar ilçesi Buzlukdağı mevkiinde işletilmesi yapılmaktadır. İşletme Kırşehir-Ankara yoluna 12 km mesafededir. Nefelinli siyenitin sahadaki görünür rezerv alanı 2250 m uzunluğa, 1850 m genişliğe ve 450 m derinliğe sahiptir. Bu yataktaki toplam rezervin 1 milyar tonun üzerinde olduğu düşünülmektedir. Karo, vitrifiye, firit, porselen, cam, izolatör, çimento, izolasyon ve elektrod sanayilerine uygun özelliklerde nefelinli siyenit üretimi yapılmaktadır (BS, 2018; Haner ve Demir, 2018).

Feldispatik malzemeler yüzlerce yıldır seramik formülasyonunda ana ergitici olarak kullanılmaktadır. Nefelinli siyenit bu yüksek rekabet ortamında önemli bir oyuncudur. Nefelinli siyenitin, düşük ergime noktası ve erime kabiliyetinden dolayı 1900'lerin başlarından beri cam ve seramiklerde kullanımıyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Ana pazarları cam, seramik, dolgu, pigment, boya, kaplama ve çatı parçacıklarıdır. Seramik sağlık gereçleri, karolar, elektrik porselenleri, sofrta takımları ve sırlarda, düşük pişirme sıcaklığı ve hızlı pişirme programına imkan sağlamaktadır. Nefelinli siyenit cam kompozisyonuna sağladığı alümina katkısı ile son ürünün mukavemetini geliştirir ve yapıda stabilizatör olarak davranmaktadır. İçerdiği alkaliler

sayesinde cam hamurunda ergitici olarak davranmaktadır. Bu da üretimde kullanılan hammaddelerin maliyeti kadar enerji maliyetinde tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca viskoziteyi düşürür ve işlenebilirliği arttırmaktadır. Nefelinli siyenitin kullanılması ile kırılmaya karşı daha fazla dirençli cam ürünler elde edilmektedir (McLemore, 2006).

Nefelinli siyenit, uluslararası tanımlamada, “Lösit; nefelin ve nefelinli siyenit (harmonized system code: 252930)” adı altında sınıflandırılmaktadır. Bu nedenle sadece nefelinli siyenit için ihracat ve ithalat rakamları hakkında bilgi sahibi olmak mümkün olmamaktadır. Türkiye 2016 yılı verilerine göre “Lösit; nefelin ve siyenit nefelin”in yaklaşık olarak 33824 tonunu ihraç ve 1766 tonunu da ithal etmiştir. İhracattan 3.378.232 TL kazanılırken, ithalata 2.028.955 TL ödemiştir. 2017 yılı için ise yaklaşık olarak 4879 tonunu ihraç ve 2086 tonunu da ithal etmiştir. İhracattan 2.646.358 TL kazanılırken, ithalata 2.827.233 TL ödemiştir (TÜİK, 2018). Bu değerlere bakıldığında çok kaliteli olan Türkiye nefelinli siyenitlerinin hem yurtiçi hem de yurtdışı tanıtımının yeterince yapılmadığı görülmektedir.

## 2. AKPINAR NEFELİNLİ SİYENİTİNİN ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada, BS Yatırım Depolama Madencilik Petrol Sanayi ve Ticaret A.Ş.’nin Kırşehir ili Akpinar ilçesinde bulunan Nefelin İşletmeleri’nden temin edilmiş olan potasyum içerikli nefelinli siyenit kullanılmıştır. Nefelinli siyenite ait kimyasal analiz değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Tüvenan Akpinar Nefelinli Siyenitinin Kimyasal Analizi

Hammadde	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	*K.K	Toplam
Nefelinli Siyenit	63.40	19.11	8.23	5.20	1.54	0.19	1.60	0.14	0.05	0.54	100

\*K.K. Kızdırma Kaybı

EUROFEL’in (Avrupa Feldispat Üreticileri Derneği) yayınlamış olduğu terminolojiye göre % alümina ve % alkali içeriğine göre bir grafik hazırlanmıştır. Tablo 1’de kimyasal analiz sonucu verilen nefelinli siyenit örneğinin %14’den fazla Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve %6’dan fazla Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O içerdiği görülmektedir. Bu nedenle EUROFEL terminolojisine göre bu numune “feldispat” olarak da tanımlanabilir (EUROFEL, 2011).

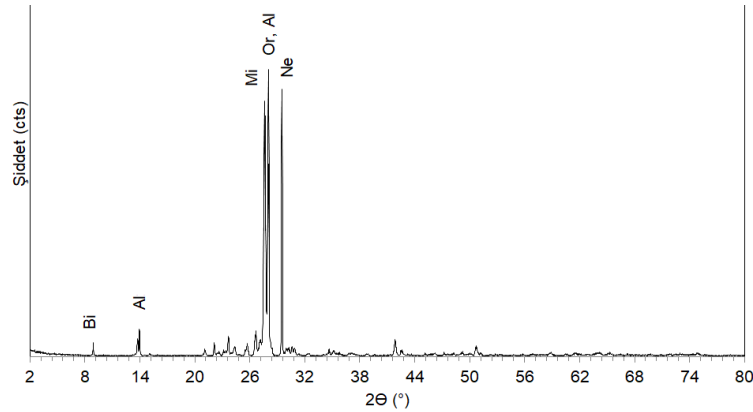
Tüvenan hammadde incelendiğinde, demir oksit içeriğinin %1.60 olduğu görülmektedir. Seramik bünyelerin pişme işlemi esnasında oksitleyici atmosfer nedeniyle demir (II) demir (III)'e yükseltgenerek bünyeyi sarıya boyayabilir (Vieira vd., 2006:138-145). Bu haliyle tüvenan nefelinli siyenitin seramik veya cam sektöründe kullanılması mümkün görülmemektedir. Bu tesiste nefelinli siyenit piyasaya sürülmeden önce, demir içeriğinin azaltılması amacıyla çeneli kırıcı, çubuklu değirmen ve yaş manyetik ayırma gibi işlemler uygulanmaktadır. Kırşehir'in Akpınar ilçesinde bulunan tesisten bazı görüntüler Şekil 1'de görülmektedir.

Şekil 1. BS Yatırım A.Ş. Kırşehir Nefelin İşletmeleri



Tüvenan nefelinli siyenitin mineralojik faz içerikleri X-Işını kırınım (XRD) yöntemi ile incelenmiştir. Bu amaçla numune,  $2\theta=2-80^\circ$ , Cu K- $\alpha$ , 2 derece/dakika tarama hızında çekime tabi tutulmuştur. Tüvenan nefelinli siyenite ait XRD analizi sonucu Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2. Tüvenan Nefelinli Siyenitin X-Işınları Kırınımı Diyagramı (Bi: Biyotit, Or: Ortoklas, Al: Albit, Ne: Nefelin, Mi: Mikrolin)



Şekil 2’deki XRD analizinde kayacın ana olarak nefelin, ortoklas, albit ve mikrolin minerallerinden oluştuğu görülmektedir. Bu ana mineraller dışında az miktarda biyotit minerali saptanmıştır. Kayacın XRD analizi sonucunda tespit edilen fazlar, kimyasal analiz ile de örtüşmektedir.

Nefelinli siyenit ocağında saha gözlemlerine dayanarak farklı numuneler alınmıştır. Numune alınırken özellikle alınan numunenin kaya kütlelerinin özelliklerini içermesine özen gösterilmiştir. Elde edilen kaya numunelerinin fiziksel özelliklerinin tespiti için, TS 699 standartlarına uygun olarak, 7x7x7 cm ebadından küpler hazırlanmıştır. TS 699 standartlarına uygun olarak hazırlanan deney numunelerinde birim hacim ağırlık tayini, su emme tayini ve porozite tayini gibi fiziksel testler yapılmıştır. Nefelinli siyenit örneklerinin fiziksel özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Nefelinli Siyenitin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel özellikler	S	$\bar{X}$
Birim hacim ağırlık ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	0.004	2.559
Atmosfer basıncında ağırlıkça su emme oranı (%)	0.034	0.260
Görünür porozite (%)	0.093	0.628

S: Standart sapma,  $\bar{X}$ : Aritmetik ortalama

Tablo 2 incelendiğinde nefelinli siyenitin birim hacim ağırlığının  $2.559 \text{ gr}/\text{cm}^3$ , atmosfer basıncında ağırlıkça su emmenin %0.260, görünür porozitenin %0.628 olduğu belirlenmiştir. Deney sonuçlarından, birim hacim ağırlık deneyi sonuçlarının standart sapması 0.004, atmosfer basıncında ağırlıkça su emme deneyi sonuçlarının standart sapması 0.034, görünür porozite deneyi sonuçlarının standart sapması 0.093 olarak hesaplanmıştır. Moos ve Quervain (1948)’in yapmış olduğu, kayaların porozite oranına göre sınıflandırmasında kayacın “çok kompakt” kayaç sınıfına girdiği görülmektedir.

### 3. AÇIK İŞLETME VE CEVHER HAZIRLAMA TESİSİ İŞLETME MALİYETLERİ

BS Yatırım A.Ş. Kırşehir Nefelinli Siyenit İşletmeleri'nde, halen faaliyet halinde olan Orta Tepe Açık İşletmesinden elde edilen tüvenan cevherin maliyetleri aşağıda çıkartılmıştır. İşletmenin sırasıyla, delme ve patlatma yöntemiyle açık ocaktan elde edilen tüvenanın, kırma-eleme, cevher hazırlama tesisi (yaş manyetik ayırma), paketleme, yükleme, yönetim ve sosyal tesis giderleri hesaplanmıştır. Mostra üzerinden genişletme ve üretim çalışması yapıldığından hafriyat (dekapaj) giderleri bulunmamaktadır.

#### 3.1. Açık Ocak Maliyetleri

Açık ocaktaki delme işlemleri için yapılan harcamalar, Tablo 3'de görülmektedir.

Delik başına harcanan yakıt gideri hesabında, 65 litre motorin kullanarak 93 delik delindiğine göre, delik başına yakıt gideri:  $65 \text{ (l)} / 93 \text{ (delik adedi)} = 0.698 \text{ (l/delik)}$ .

Kırşehir'in Akpınar ilçesi için güncel (29.07.2020) motorin fiyatı, 5.98 TL/l olduğuna göre:  $0.698 \text{ (l/delik)} \times 5.98 \text{ (TL/l)} = 4.17 \text{ (TL/delik)}$ .

Delik başına sarf malzemesi gideri olarak kullanılan bit ve tijlerin maliyetini hesaplamak için, bit başına maliyetin 250 £, tij başına maliyetin ise 500 £ olduğu gözönünde bulundurulur. Güncel (07.08.2020) £ fiyatı 9.52 TL/£ olduğuna göre ve 1000 metrelik delik boyuna harcanan bit+tij toplam maliyeti 750 £, yani:  $750 \text{ (£)} \times 9.52 \text{ (TL/£)} = 7140 \text{ (TL)}$ .

1 metre delik başına düşen bit+tij maliyeti ise:  $7140 \text{ (TL)} / 1000 \text{ (m)} = 7.14 \text{ (TL/m)}$ .

1 delik ortalama 5 m boyunda olduğuna göre hesap yapılırsa:  $5 \text{ (m/delik)} \times 7.14 \text{ (TL/m)} = 35.7 \text{ (TL/delik)}$ .

Kompresör bakım-onarım giderini hesaplamada, aylık 20000 ton üretim yapılabilmesi için, gerekli delik adedi 480 olduğuna göre, filtre ve yağ giderinin aylık 750 TL tuttuğu belirlenmiştir. Bu durumda delik başına gider:  $750 \text{ (TL)} / 480 \text{ (delik)} = 1.56 \text{ (TL/delik)}$ .

Tablo 3. Delik Başına Delme Gideri Hesabı

Gider türü	Miktarı	Birim fiyatı	Toplam fiyat (TL)
Delik başı bit gideri	0.005 adet	250 ₺	11.9
Delik başı tij gideri	0.005 adet	500 ₺	23.8
Delik başı yakıt gideri	0.698 l	5.98 TL/l	4.17
Delik başı bakım-onarım gi- deri	-	-	1.56
Toplam			41.43

Patlatma gideri hesabı, Tablo 4’de görülmektedir. \$ kuru, 7.28 TL/\$ (07.08.2020) olarak alınmıştır.

Tablo 4. Delik Başına Patlatma Gideri Hesabı

Gider türü	Miktarı	Birim fiyatı	Toplam fiyat (TL)
Delik başı fitil gideri	7 m	1.45 TL/m	10.15
Delik başı dinamit gideri	1 kg	2.10 \$/kg	15.29
Delik başı anfo gideri	15 kg	0.65 \$/kg	70.98
Nakliye delik başı	1 adet	1.8 TL/adet	1.8
Toplam			98.22

Bir delikten üretilen tüvenanı hesaplamak için, ortalama 5 m delik delindiğine göre ve deliklerin etki mesafesi 1.25 m ve madenin yoğunluğu  $2.56 \text{ t/m}^3$  olduğuna göre, bir delikten elde edilen ürün miktarı:  $5 \text{ (m)} \times \pi \times 1.25 \text{ (m)} \times 1.25 \text{ (m)} \times 2.56 \text{ (t/m}^3) = 62.83 \text{ (ton)}$  olarak bulunur.

Patlatma verimi ortalama %75 olduğuna göre, bir delikten üretililecek ürün miktarı:  $62.83 \text{ (ton)} \times 0.75 = 47.12 \text{ (ton)}$  bulunur.

Buna göre delik başı delme gideri TL/ton olarak hesaplanabilir:  $41.43 \text{ (TL)} / 47.12 \text{ (ton)} = 0.88 \text{ (TL/ton)}$ .

Delik başı patlatma gideri ise:  $98.22 \text{ (TL)} / 47.12 \text{ (ton)} = 2.08 \text{ (TL/ton)}$ .

Yükleme+kırıcı özel üretim motorin giderini belirlemede 25 ton gideri olarak, 9 l motorin harcadığı gözönünde bulundurularak 1 ton cevhere düşen maliyeti, motorin fiyatı 5.98 TL/l olduğuna göre belirlenebilir:  $9 \text{ (l)} / 25 \text{ (ton)} = 0.36 \text{ (l/ton)}$ .  $0.36 \text{ (l/ton)} \times 5.98 \text{ (TL/l)} = 2.15 \text{ (TL/ton)}$ .

Yine iş makinalarının özel üretim gideri olarak, saatte 28 l motorin harcayarak, 25 ton cevher ürettikleri hesaba katılarak, ton başına yapılan harcama belirlenebilir:  $28 \text{ (l)} / 25 \text{ (ton)} = 1.12 \text{ (l/ton)}$ .  $1.12 \text{ (l/ton)} \times 5.98 \text{ (TL/l)} = 6.7 \text{ (TL/ton)}$ .

Tablo 5’de yükleme+kırıcı özel üretim gideri hesabı görülmektedir.

Tablo 5. Yüklem+Kırıcı Özel Üretim Gideri Hesabı

Gider Türü	Miktarı (l/ton)	Birim Fiyat (TL/l)	Toplam Fiyat (TL/ton)
İş makinaları yüklem gideri	0.36	5.98	2.15
İş makinalarının özel üretim gideri	1.12	5.98	6.7
Toplam			8.85

Yüklem makinesi olarak kullanılan üç ekskavatörün aylık ağır bakım ve onarım gideri Tablo 6’da görülmektedir. 20000 ton/ay üretime göre, ton başına toplam maliyet çıkarılmıştır.

Tablo 6. Ekskavatörlerin Aylık Ağır Bakım ve Onarım Gideri Hesabı

Gider türü	Toplam yıllık ağır bakım tutarı (TL/yıl)	Aylık ağır bakım tutarı (TL/ay)	Ton başına düşen tutarı (TL/ton)
Sumitomo 240 ağır bakım gideri	30000	2500	0.125
Cat 336 ağır bakım gideri	40000	3333.33	0.167
Hitachi 470 Z ağır bakım gideri	15000	1250	0.062
3 ekskavatörün toplam periyodik bakım gideri	60000	5000	0.250
Toplam maliyet	145000	12083.33	0.604

Yarma-7'den, tesise bir seferde 25 ton cevher taşıyan kamyonun taşıma mesafesinde 6 l motorin yaktığı bilindiğine göre:  $6 \text{ (l)} / 25 \text{ (ton)} = 0.24 \text{ (l/ton)}$  bulunur.

Maliyeti ise:  $0.24 \text{ (l/ton)} \times 6.55 \text{ (TL/l)} = 1.57 \text{ (TL/ton)}$ .

Ayrıca nakliye yapan kamyonların bakım, ağır bakım ve lastik giderleri de hesaba katılırsa, 1 kamyonun aylık bakım gideri 1500 TL olarak belirlenmiştir. Yine 1 kamyonun yıllık ağır bakım gideri 25000 olduğuna göre, aya düşen maliyet:  $25000 \text{ (TL)} / 12 \text{ (ay)} = 2083.33 \text{ (TL/ay)}$ .

Yine 1 kamyonun aylık lastik gideri 1500 TL/ay olup, toplam:  $2083.33 + 1500 = 3583.33 \text{ (TL/ay)}$  olup, aylık bakımla birlikte:  $3583.33 + 1500 = 5083.33 \text{ (TL/ay)}$ .

İşletmede 3 kamyon çalıştığına göre toplam gider:  $3 \text{ (kamyon)} \times 5083.33 \text{ (TL/ay)} \approx 15250.00 \text{ (TL/ay)}$ .

Aylık üretime bölünürse, aylık bakım giderinin ton başına miktarı bulunur:  $15250 \text{ (TL/ay)} / 20000 \text{ (ton/ay)} = 0.763 \text{ (TL/ton)}$ .

Ocak işçilik gideri aşağıdaki Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Ocak Üretimi İşçilik Gideri

Gider türü	Miktarı (TL/ay)	Toplam üretim (ton/ay)	Birim maliyet (TL/ton)
İşçilik gideri	23915	20000	1.196

Buna göre açık ocaktan elde edilen cevherin toplam maliyeti Tablo 8'de görülmektedir.

Tablo 8. Açık Ocak Üretim Gideri

Gider türü	Miktarı (TL/ay)	Toplam üretim (ton/ay)	Birim maliyet (TL/ton)
Delik başına delme gideri	17600	20000	0.88
Delik başına patlatma gideri	41600	20000	2.08
Yükleme+kırıcı özel üretim gideri	177000	20000	8.85
Nakliye motorin gideri (orta tepeden)	31400	20000	1.57

Nakliye kamyon bakım + ağır bakım + lastik gideri (3 kamyon)	15260	20000	0.763
Ekskavatörlerin aylık ağır bakım ve onarım gideri (3 ekskavatör)	12083.33	20000	0.604
İşçilik gideri	23915	20000	1.196
Toplam açık ocak üretim gideri	318858.33	20000	15.943

### 3.2. Kırma-Eleme Tesisi Maliyetleri

Kırma-eleme tesisi elektrik gideri Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Kırma-Eleme Tesisi Elektrik Gideri

Gider türü	Miktarı (TL/gün)	Kırılan cevher (ton/gün)	Birim maliyet (TL/ton)
Elektrik	7400	2500	2.96

Kırma-eleme tesisi yedek parça-sarf malzemesi giderlerini gösteren Tablo 10 aşağıda verilmiştir. Buna göre yıllık ortalama 70000 TL yedek parça ve sarf malzeme ihtiyacı vardır.

Bunun aya şarjı:  $70000 \text{ (TL)} / 12 \text{ (ay)} = 5883.33 \text{ (TL/ay)}$ .

Günlük ise:  $5883.33 \text{ (TL)} / 26 \text{ (gün)} = 226.28 \text{ (TL/gün)}$ .

Tablo 10. Kırma-Eleme Tesisi Yedek Parça-Sarf Malzemesi Gideri

Gider türü	Miktarı (TL/gün)	Kırılan cevher (ton/gün)	Birim maliyet (TL/ton)
Yedek parça-sarf malzemesi	226.28	2500	0.09

Kırma-eleme tesisinin yükleyicisinin ve mini yükleyicisinin motorin gideri ise, iş makinalarının günlük 60 litre yakıt tükettiğine göre hesaplanır. Bunun aylık tutarı:  $60 \text{ (l)} \times 26 \text{ (gün)} = 1560 \text{ (l)}$ .

Toplam sarf edilen yakıtın tutarı ise:  $1560 \text{ (l)} \times 5.98 \text{ (TL/l)} = 9328.8 \text{ (TL)}$ .

Yükleyiciler 6 gün çalışacağı için, güne düşen yakıt harcaması:  $9328.8 \text{ (TL)} / 6 \text{ (gün)} = 1554.8 \text{ (TL/gün)}$ .

Buna göre ton başına maliyet:  $1554.8 \text{ (TL)} / 2500 \text{ (ton)} = 0.62 \text{ (TL/ton)}$ .

Tablo 11’de kırma-eleme tesisi yükleyici ve mini yükleyicisinin toplam motorin gideri görülmektedir.

Tablo 11. Kırma-Elementesi Yükleyicisi ve Mini Yükleyicisi Motorin Gideri

Gider türü	Miktarı (TL/gün)	Kırılan cevher (ton)	Birim maliyet (TL/ton)
Yükleyici ve mini yükleyici toplam motorin gideri	1554.8	2500	0.62

Kırma-eleme tesisi yükleyicisinin günlük bakım ve ağır bakım gideri, ortalama 63 TL’dir. Aylık olarak da:  $63 \text{ (TL/gün)} \times 26 \text{ (gün/ay)} = 1638 \text{ (TL/ay)}$ .

Tesisin üretimine orantılanırsa:  $63 \text{ (TL/gün)} / 2500 \text{ (ton/gün)} = 0.03 \text{ (TL/ton)}$ .

Kırma-eleme tesisi içindeki temizlik işlerinde kullanılan mini yükleyicinin günlük bakım ve ağır bakım gideri aylık olarak 4875 TL/ay olarak alındığında, gün başına gider:  $4875 \text{ (TL)} / 26 \text{ (gün)} = 187.5 \text{ (TL/gün)}$  bulunur.

Üretime orantılanırsa:  $187.5 \text{ (TL/gün)} / 2500 \text{ (ton/gün)} = 0.075 \text{ (TL/ton)}$ .

Kırma-eleme tesisi işçilik ve tesis giderleri ise Tablo 12 ve Tablo 13’de görülmektedir.

Tablo 12. Kırma-Elementesi İşçilik Giderleri

Gider türü	Miktarı (TL/gün)	Kırılan cevher (ton/gün)	Birim maliyet (TL/ton)
Kırma-eleme tesisi işçiliği	3194	2500	1.28

Tablo 13. Kırma-Eleme Tesisi Gideri

Gider türü	Miktarı (TL/gün)	Toplam üretim (ton/gün)	Birim maliyet (TL/ton)
Elektrik	7400	2500	2.96
Yedek parça-sarf malzemesi	226.28	2500	0.09
Yükleyici ve mini yükleyici toplam motorin gideri	1554.8	2500	0.62
Kırma-eleme tesisi yükleyicisi günlük bakım ve ağır bakım gideri	63	2500	0.03
Kırma-eleme tesisi mini yükleyicisi günlük bakım ve ağır bakım gideri	187.5	2500	0.07
Kırma-eleme tesisi işçilik gideri	3194	2500	1.28
Toplam kırma-eleme tesisi gideri	12625.58	2500	5.05

### 3.3. Zenginleştirme Tesisi (Yaş Manyetik Ayrma Tesisi) Maliyetleri

Zenginleştirme tesisi giderleri, Tablo 14’de görülmektedir.

Tablo 14. Zenginleştirme Tesisi (Yaş Manyetik Ayrma Tesisi) Gideri

Gider türü	Miktarı (TL/gün)	Toplam üretim (ton/gün)	Birim maliyet (TL/ton)
Elektrik	65000	1500	43.33
Yedek parça-sarf malzemesi	8000	1500	5.33
Toplam zenginleştirme tesisi gideri	73000	1500	48.66

Ele aldığımız nefelinli siyenit cevherinin maliyeti ve değeri, gördüğü işleme (kırma, eleme ve zenginleştirme) göre değişmektedir. Sanayinin talepleri doğrultusunda üretim ve işlem yapılmaktadır. Belirli boyutlara indirilen cevher torbalanarak satılmaktadır.

### 3.4. Diğer Maliyetler

İşletmedeki personel dağılımı ve ücretleri Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Kırşehir Nefelinli Siyenit Tesisleri Ocak Personel Giderleri

Görev yeri	Adedi	Toplam brüt maaş (TL)	İaşe gideri (TL)	Toplam net maliyet (TL)
Ocak mühendisi	1	4060	156	4216
Rock eleman	1	2240	156	2396
Operatör	1	2800	156	2956
Yağcı	1	1652	156	1808
Kademe	1	3325	156	3481
Şoför	3	6440	468	6908
Toplam	8	20517	1248	21765

Kırşehir nefelinli siyenit tesisleri personel giderleri Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Kırşehir Nefelinli Siyenit Tesisleri Personel Giderleri

Görev yeri	Adedi	Toplam brüt maaş (TL)	İaşe gideri (TL)	Toplam net maliyet (TL)
Tesis mühendisi	2	5040	312	5352
Elektrikçi	1	2450	156	2606
Tesisler elemanı	3	5432	468	5900
Operatör	1	2800	156	2956
Bakımcı	1	2380	156	2536
Toplam	8	18102	1248	19350

Kırşehir nefelinli siyenit tesisleri idari bina personel giderleri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Kırşehir Nefelinli Siyenit Tesisleri İdari Bina Personel Giderleri

Görev yeri	Adedi	Toplam brüt maaş (TL)	İaşe gideri (TL)	Toplam net maliyet (TL)
İdari işler	1	4830	156	4986
Tesisler-ARGE	1	6020	156	6176
Muhasebe	1	3360	156	3516
Laboratuvar	1	2800	156	2956
Kantar	1	1890	156	2046
Servis şoförü	1	2240	156	2396
Yemekhane	2	3304	312	3616
Toplam	8	24444	1248	25692

İşletmenin genel idari giderleri Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Kırşehir Nefelinli Siyenit Tesisleri Genel İdare Giderleri

Gider yeri	Maliyet (aylık üretim 20000 tondur)	
	TL/ay	TL/ton
Motorin	15000	0.75
Lojman gideri	2000	0.10
Elektrik gideri	8000	0.40
Beklenmeyen giderler	10000	0.50
Toplam	35000	1.75

Genel lojman giderleri Tablo 19’da görülmektedir.

Tablo 19. Kırşehir Nefelinli Siyeni Tesisleri Konut Giderleri

Gider yeri	Maliyet (aylık üretim 20000 tondur)	
	TL/ay	TL/ton
Kira	2000	0.100
Elektrik gideri	300	0.015
Su gideri	65	0.003
Telefon-internet	210	0.010
Temizlik	150	0.007
Toplam	2725	0.135

İşletmenin araçlarına ait giderler, Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. İşletmenin Araçlarına Ait Motorin Giderleri

Gider türü (araç plaka)	Motorin miktarı (litre/yıl)	Motorin miktarı (litre/ay)	Birim maliyet (TL/ay)	Maliyet (TL/ton)
06 FE 5154	7.644	637	3809.26	0.19
06 FC 8456	5.726	477	2852.46	0.14
06 FC 7312	3.672	306	1829.88	0.09
06 DN 0631	6.478	540	3229.2	0.16
52 LM 263	12.432	1.036	6195.28	0.31
Toplam	35.952	2.996	17916.08	0.90

Kullanılan araçların yıpranma payı (amortisman) süreleri dolduğu için maliyete etkisi bulunmamaktadır.

### 3.5. Genel Maliyetler

Kırşehir nefelinli siyenit tesislerinin tüm giderleri ve ton başına düşen miktarları Tablo 21’de verilmiştir. En sağ sütun, çeşitli aşamalardan geçen ürünün (tüvenan, kırılmış-elenmiş ve zenginleştirilmiş) nihai işletme teslim maliyetini göstermektedir.

Tablo 21. Kırşehir Nefelinli Siyenit Tesislerinde Yapılan Üretime Göre Belirlenen Tüm Giderler

Gider Türü	Açık ocak tüvenan üretimi (AOTÜ)	AOTÜ + Kırma-emeleme tesisi (KET)	AOTÜ + KET + Zenginleştirme tesisi
Çıplak maliyet (TL/ton)	<b>15.94</b>	(5.05+15.94) <b>20.99</b>	(48.66+20.99) <b>69.65</b>
+Ocak personel gideri (TL/ton)	(15.94+1.09) <b>17.03</b>	(20.99+1.09) <b>22.08</b>	(69.65+1.09) <b>70.74</b>
+Tesisler personel gideri (TL/ton)	(17.03+0.97) <b>18.00</b>	(22.08+0.97) <b>23.05</b>	(70.74+0.97) <b>71.71</b>
+İdari bina personel gideri (TL/ton)	(18.00+1.28) <b>19.28</b>	(23.05+1.28) <b>24.33</b>	(71.71+1.28) <b>72.99</b>
+Genel idari giderler (TL/ton)	(19.28+1.75) <b>21.03</b>	(24.33+1.75) <b>26.08</b>	(72.99+1.75) <b>74.74</b>
+Konut giderleri (TL/ton)	(21.03+0.135) <b>21.17</b>	(26.08+0.135) <b>26.22</b>	(74.74+0.135) <b>74.88</b>
+Araç giderleri (TL/ton)	(21.17+0.90) <b>22.07</b>	(26.22+0.90) <b>27.12</b>	(74.88+0.90) <b>75.78</b>

### 4. SONUÇ

Nefelinli siyenitin en çok tüketildiği alanlar seramik ve cam sanayileridir. Akpınar nefelinli siyenitinin tüvenan halindeki  $Fe_2O_3$  içeriği %1.60 olarak belirlenmiştir. Nefelinli siyenit bu haliyle seramik ve cam endüstrilerinde kullanıma uygun değildir. Ancak tesisin uygulamış olduğu zenginleştirme işlemi ile içeriğindeki demir miktarı %0.29’a kadar düşürülmüştür. Bu nedenle üretim maliyetinin hesabı yapılırken, zenginleştirme tesisi giderleri de katılmıştır.

XRD analizinde tüvenan kayacın ana olarak nefelin, ortoklas, albit ve mikrolin minerallerinden oluştuğu görülmüştür. Nefelinli siyenitin birim hacim ağırlığının  $2.559 \text{ gr/cm}^3$ , atmosfer basıncında ağırlıkça su emmenin %0.260, görünür porozitenin %0.628 olduğu belirlenmiştir. Deney sonuçlarından, birim hacim ağırlık deneyi sonuçlarının standart sapması 0.004, atmosfer basıncında ağırlıkça su emme deneyi sonuçlarının standart sapması 0.034, görünür porozite deneyi sonuçlarının standart sapması 0.093 olarak hesaplanmıştır. Moos ve Quervain (1948)'in yapmış olduğu, kayaçların porozite oranına göre sınıflandırmasında kayacın “çok kompakt” kayaç sınıfına girdiği görülmüştür.

Açık ocak maliyetleri, kırma-eleme tesisi maliyetleri ve zenginleştirme tesisi maliyetleri detaylı olarak hesaplanmıştır. Sırasıyla ton başına maliyetler 22.07, 27.12 ve 75.78 olarak bulunmuştur. Burada zenginleştirme tesisinin maliyeti çok fazla etkilediği anlaşılmaktadır.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde 118M224 numaralı proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

### KAYNAKÇA

- BS (2018). “B&S Yatırım A.Ş.”, <http://www.bsnefelin.com/tr/index.php>, 12.02.2018.
- EUROFEL (2011). “Feldspar”, [http://www.imaurope.eu/sites/imaurope.edu/files/minerals/Feldspar\\_An-WEB-2011.pdf](http://www.imaurope.eu/sites/imaurope.edu/files/minerals/Feldspar_An-WEB-2011.pdf), 18.02.2016.
- HANER, S.H. ve DEMİR, M. (2018). “Nefelinli Siyenit: Bir Gözden Geçirme”, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 2018 (42): 107-120.
- MCLEMORE, V.T. (2006). “Nepheline Syenite”, s. 653-670, (Ed.) KOGEL, J.E., TRIVEDI, N.C., BARKER, J.M., KRUKOWSKI, S.T., Industrial Minerals & Rocks (7th Edition), Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Colorado.

- MOOS, A.V. ve QUERVAIN, F.D. (1948). Technische Gesteinkunde, Verlag Birkhauser, Basel.
- TANNER, A.O. (2015). "Feldspar and Nepheline Syenite, 2013 Minerals Yearbook, U.S. Geological Survey", <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/feldspar/myb1-2013-felds.pdf>, 12.02.2018.
- TUZCU, N. (1992). Petrografi-I (Magmatik Kayaçlar) (3. Baskı), Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- TÜİK (2018). "Türkiye İstatistik Kurumu, Dış Ticaret İstatistikleri", <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul>, 12.02.2018.
- VIEIRA, C.M.F., PEÇANHA, L.A. ve MONTEIRO, S.N. (2006). "Effect of Kaolinitic Clays from the State of Rio de Janeiro in the Composition of Whiteware Floor Tile Bodies", *Ceramica*, 52: 138-145.

# SODYUM ALUMİNA BOROSİLİKAT KATKILI BİSGMA/TEGDMA MATRİSLİ DENTAL KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

**Doç. Dr. Sevim ALIŞIR**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

**Tuğba SEÇKİN**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

**ÖZET:** Ağız ve diş sağlığı insanlık tarihinden bu yana önem arz etmektedir. Özellikle günümüzde diş sağlığının yanında estetik görünüşünün de önem kazanması bilim insanlarını, mekanik dayanımı yüksek, uzun ömürlü, mine ve dentin tabakası ile biyo-uyumlu olan diş malzemeleri üzerine çalışmalarla yönlendirmiştir. Ayrıca, antibakteriyel özelliğe sahip mekanik mukavemeti yüksek kompozitler geliştirildiğinde ikincil çürüklerin oluşumunun önlenilebileceği ve diş kayıplarının engellenebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında; BisGMA (bis glisidil dimetakrilat) /TEGDMA (trietilen glikol dimetakrilat) (1:1) polimer matrisli kompozit rezinlere, farklı oranlarda inorganik dolgu malzemesi eklenerek güçlendirilmesi ve ikincil çürük oluşumunun önlenmesi amaçlanmıştır. Nano boyutlu (<100 nm) gümüş doplanmış hidroksiapatit (Ag-HA) ile kompozit rezine antibakteriyel özellik kazandırılması, hedeflenmiştir. Sol-jel yöntemi ile üretilen sodyum alüminyum borosilikat (SABS) oranı kompozit içerisine ağırlıkça %5, 10, 15, 25 ve 35 olacak şekilde eklenerek beş farklı numune hazırlanmıştır. Polimer kompozitlerin hazırlanmasında Ag-HA oranı (%5) ise sabit tutulmuştur. ISO 4049 standardına uygun olarak hazırlanmış kompozitlerin mekanik özellikleri basma ve eğme testleri yapılarak incelenmiştir. Yapılan testlerde en yüksek basma ve eğme dayanımı %5 SABS içeren numunede gözlenmiş, sırasıyla 85,02 MPa ve 186,23 MPa olarak belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** dental kompozit, inorganik doldurucu, basma ve eğme dayanım

**Investigation of the Mechanical Properties of Bisgma/Tegdma Based Sodium Aluminum Borosilicate Added Dental Composites**

**ABSTRACT:** Oral and dental health has been important since humanity historical. Today, the importance of aesthetic appearance as well as dental health has led scientists to work on dental materials with high mechanical

strength, long-lasting, biocompatible with enamel and dentin layer. In addition, it is thought that tooth loss and the formation of secondary carious can be prevented, when composites having high mechanical strength and their antibacterial properties are developed.

This work; BisGMA (bis glycidyl dimethacrylate) / TEGDMA (triethylene glycol dimethacrylate) (1:1) based polymer composite resins were supported by inorganic fillers different proportions and aimed the formation prevent of secondary carious. It is aimed to give antibacterial properties to the composite resin with nano sized (<100 nm) silver doped hydroxyapatite (Ag-HA). Five different experiments were prepared by adding sodium aluminum borosilicate (SABS) (ratio as 5, 10, 15, 25 and 35%, w/w). In the preparation of polymer composites, the ratio of Ag-HA is fixed as 5%. The mechanical properties of composites prepared in accordance with the ISO 4049 standard were examined by performing compression and bending tests. It is determined that the test group containing 5% SABS exhibits the highest flexural (85.02 MPa) and compressive strength (186.23 MPa). The results showed that mechanical strength decreases with increasing inorganic filler in composites.

**Keywords:** dental composites, inorganic filler, compressive and flexural strength

## 1. GİRİŞ

Ağız ve diş sağlığı canlıların yaşamını devam ettirebilmesi için oldukça önemlidir. Diş yapılarında meydana gelen kusurlar konforlu yaşam standardını bozmaktadır. Diş yapısında meydana gelen çürük oluşumları ve bozulmalar hem estetik açıdan hem de sağlıklı ve konforlu yaşam açısından tercih edilmemektedir. Diş yapılarında meydana gelen bozulmalar günümüzde diş hekimlerince tedavi edilmektedir. Bu amaçla diş yapılarına benzer dayanım gösteren amalgam, altın, gümüş gibi metaller dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır. Ancak çok daha pahalı olmaları ve estetik açıdan hoş görünmemeleri nedeniyle yerini dental kompozitlere bırakmıştır.

### 1.1. Dental kompozitler

Dental kompozitler ilk kez Dr. Ray Bowen tarafından 1962 yılında piyasaya sunulmuş estetik restoratif malzemelerdir (Dayangaç, 2000). Dental kompozitler polimer matris fazı, inorganik dolgu maddesi fazı ve bağlayıcı faz (silan) olmak üzere 3 ana fazdan oluşmaktadır. Organik polimer fazı genellikle (poli) metil metakrilat (PMMA-C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>) ve bis glisidil metakrilat (BisGMA-C<sub>23</sub>H<sub>36</sub>O<sub>8</sub>) yapısındadır. Bunların dışında vikoziyeti ayarlamak için trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA-C<sub>14</sub>H<sub>22</sub>O<sub>6</sub>), hidroksietil metakrilat (HEMA-C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>3</sub>) gibi polimerler kullanılmaktadır (Yadav vd, 2019). Şekil 1.1’de dental kompozitlerin fazları belirtilmektedir.

Şekil 1.1. Dental kompozitlerin faz bileşimleri (Türkün, slideshare.net-2020)



Polimer matrisi oluşturan fazın yapısı ve bileşimi, inorganik dolgu maddesi fazının yapısı ve bileşimi, bağlayıcı ara fazın varlığı, yapısı ve bileşimi kompozit rezinlerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etki etmektedir. Dental kompozitleri geliştirebilmek için farklı bileşim türleri ve oranları kullanılarak pek çok çalışma yapılmaktadır.

Ticari kompozitlerin birçoğunda polimer matris olarak BisGMA, TEGDMA, HEMA hibrit yapıları tercih edilmektedir. İnorganik dolgu maddesi olarak kuartz ( $\text{SiO}_2$ ), alüminyum oksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), baryum oksit ( $\text{BaO}$ ), zirkonyum oksit ( $\text{ZrO}_2$ ) alümina borosilikat sistemleri, hidroksiapatit gibi inorganik dolgu maddeleri kullanılmaktadır (Dayangaç, 2000). İnorganik dolgu maddeleri türünün yanı sıra küresel, fiber, whisker (kıl), kestanemsi (urchin-like), düzensiz şekilli ve nano tüp formlarında da kullanılarak dental kompozitlerin özellikleri geliştirilmeye çalışılmaktadır (Habib, 2017). Ayrıca dental kompozitlere gümüş ( $\text{Ag}$ ) ve titanyum dioksit ( $\text{TiO}_2$ ) gibi bileşenler eklenerek antibakteriyel özellik kazandırılmaya çalışılmaktadır (Dias vd, 2019). Dental kompozitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla, antibakteriyel test, su emilimi, çözünürlük, 3 nokta eğilme, basma dayanımı, sertlik, kırılma tokluğu gibi testler yapılmaktadır (Yadav vd, 2020; Alsharif vd, 2013).

Günümüzde kolay uygulanabilir olması, estetik olması, tedavi süresinin kısa olması gibi nedenlerle kullanımı oldukça sık tercih edilmektedir. Dental kompozitlerin avantajlarının yanı sıra polimerizasyon büzülmesi, çözünürlük, su emilimi gibi dezavantajlara sahiptir. Polimerizasyon büzülmesi, dental kompozitlerin yapısında

bulunan polimer matris fazının sertleşme işlemi esnasında yapısında bulunan van der waals bağlarının yerini daha sıkı olan kovalent bağın almasından kaynaklanmaktadır (Sunbul vd, 2016).

Dental kompozit uygulamalarında beklenenler mekanik mukavemetin diş yapısına benzer olması, diş ile biyo-uyumlu olması, estetik olması ve uzun ömürlü olmasıdır. Literatürde dental kompozitlerin özelliklerini iyileştirmek ve polimerizasyon büzülmesine bağlı ikincil çürük oluşumunu önlemek için birçok çalışma yapılmıştır. Ancak kullanılan ticari kompozitlerin ve üretilen deneysel kompozitlerin polimerizasyon büzülmesinin önüne geçilememiştir. Polimerizasyon büzülmesinin önüne geçebilmek için kompozitlerin inorganik dolgu maddesi miktarı artırılmış, matris fazının yapısı ile değişiklikler ve kullanılan ışık cihazları ile ilgili değişiklikler yapılarak polimerizasyon büzülmesine etkileri araştırılmıştır (Ağaccioğlu ve Aytaç, 2017).

Bu çalışmada, BisGMA/TEGDMA (1:1) polimer matrise, sol jel yöntemiyle sentezlenen sodyum alümina borosilikat (SABS) eklenerek elde edilen dental kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Farklı oranlarda SABS içeren kompozit sisteme antibakteriyal özellik kazandırabilmek ve aynı zamanda diş yapısı ile biyo-uyumlu hale getirebilmek için tüm numunelere ağırlıkça %5 oranında Ag-HA eklenmiştir. Elde edilen kompozitlerin mekanik özelliklerindeki değişim basma ve eğilme mukavemetlerindeki değişim irdelenmiştir.

## 2. MATERYAL METOT

Deneysel dental kompozitin mekanik özelliklerinin araştırılması; inorganik dolgu maddesinin hazırlanması, deneysel dental kompozitin hazırlanması ve mekanik testlerin yapılması olarak 3 aşamada gerçekleştirilmiştir.

**1. Aşama:** İlk olarak inorganik dolgu maddesi hazırlamak amacıyla 18 mL TEOS'un (triötilen ortosilikat) ve 5 mL etanol içerisinde çözeltisi hazırlandı. Başka bir beherde ise 0,78 gr borik asit, 0,09 gr  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,05 gr NaOH ve 30 mL etanol içerisinde karıştırılarak çözelti hazırlandı. Daha sonra bu iki çözelti birleştirilerek manyetik karıştırıcıda jel oluşumu gözleneye kadar karıştırıldı. Oluşan çökelek siyah bantlı süzgeç kağıdı ile süzüldü. Elde edilen katı numune etüvde 3 saat (180°C'de) kurutuldu. Toz ürün öğütüldü ve 75  $\mu$ m açıklığa sahip elekten geçirildi. Elenen tozlar alümina küvetlere alınarak kül fırında 500°C'de 1 saat boyunca ısıl işleme tabi tutuldu. Hazırlanan tozların faz analizleri için Rikagu marka x ışını kırınımı (XRD) cihazı kullanılmıştır. Elde edilen inorganik tozların morfolojik yapısını ve elementel analizi belirlemek için ise (EDS) JEOL marka taramalı elektron mikroskopu (SEM) cihazı kullanılmıştır.

**2. Aşama:** Deneysel kompozitin elde edilmesi için ilk olarak BisGMA /TEGDMA (Aldrich) 1:1 ağırlık oranında eklenerek homojen karışım oluşması kadar 40°C de manyetik karıştırıcıda karıştırıldı. Daha sonra farklı oranlarda inorganik dolgu maddesi bu karışıma eklendi. İçerilerine ağırlıkça %0,5 oranında ışıkla aktive olan polimerizasyon başlatıcı kamforokinon (CQ) ve ağırlıkça %0,5 oranında polimerizasyon hızlandırıcı dimetil aminoetil metakrilat (DMAEMA) eklendi ve ultrasonik banyoda 30 dk 65°C’de homojen karışım elde edilesiye kadar karıştırıldı. Daha sonra rezinin içerisine katılmak amacıyla ağırlıkça %5 gümüş katkılı hidroksiapatit (Ag-HA) her grup için sabit oranda tutuldu ve buna ilave olarak ağırlıkça %5, 10, 15, 25 ve 35 oranında sentezlenen SABS tozlar ayrı kaplarda karıştırıldı ve polimerik faz içerisine eklendi. Daha sonra kompozit gruplarının homojen olarak karıştırılması için ultrasonik banyo cihazında yaklaşık 1 saat karıştırılması sağlandı. Elde edilen kompozit karışımı içerisinde oluşabilecek havayı gidermek için JSR marka vakum cihazında 37°C’de 30dk bekletildi. Kompozit karışımdan silikon kalıplar kullanarak, eğilme testi için 20x2x2 mm<sup>3</sup> boyutlarında prizma şeklinde ve basma dayanımı için 4mm çap ve 6mm yükseklikte silindirik forma sahip numuneler (Şekil 2.1) hazırlandı. Kompozitler kalınlığı 2mm’yi geçmeyecek şekilde tabakalar halinde kalıplara yerleştirildi ve her tabaka 45-60 sn aralığında uygulanarak 3M ESPE Elipar S10 LED mavi ışık cihazı ile sertleştirildi. Sertleştirilen numuneler zımpara kağıdı ile parlatıldı ve mekanik testlerden önce yaşlandırma işlemi için 24 saat boyunca saf suda 37°C’de bekletildi.

**Şekil 2.1.** ISO 4049 standardına göre hazırlanmış silikon kalıplar a) Basma testi için hazırlanan kalıp b) 3 nokta eğilme testi için hazırlanan silikon kalıp



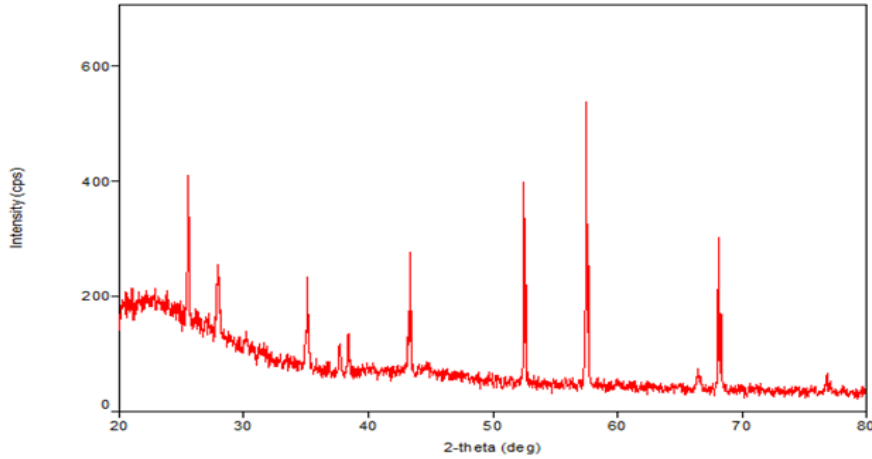
**3. Aşama:** Elde edilen kompozitlerin 3 nokta eğilme ve basma dayanımı testleri INSTRON 5982 marka universal test cihazında gerçekleştirildi. 3 nokta eğilme testi için destek açıklığı 15mm olacak şekilde ayarlandı ve dakikada 1mm deformasyon sağlanacak şekilde yük uygulandı. Basma testi için de dakikada 1mm deformasyon sağlanacak şekilde yük uygulandı. Test sonuçlarından elde edilen veriler literatürdekilerle değerlendirildi.

### 3. SONUÇ

#### 3.1. İnorganik dolgu maddesi XRD ve SEM analizi

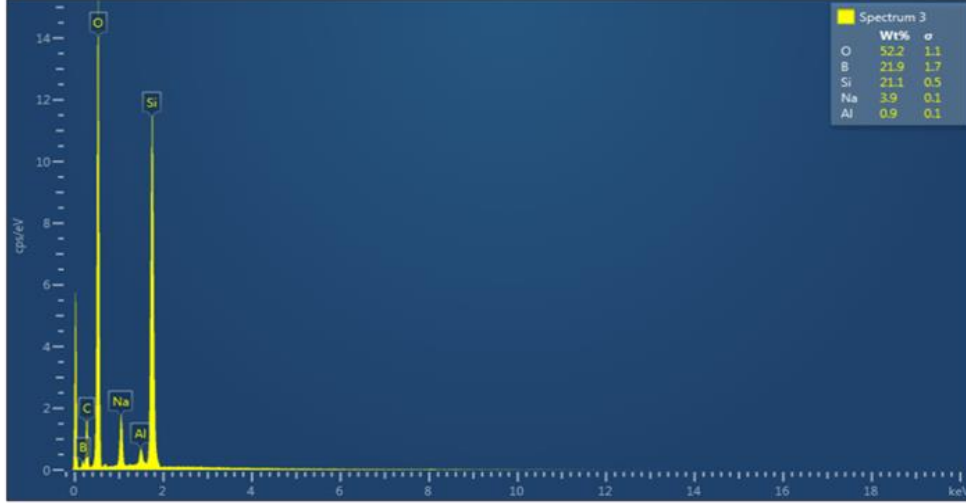
Sentezlenen inorganik dolgu maddesi olan SABS'ın XRD kırınım eğrisi Şekil 3.1'de verilmiştir.

Şekil 3.1. SABS'ın XRD kırınım eğrisi

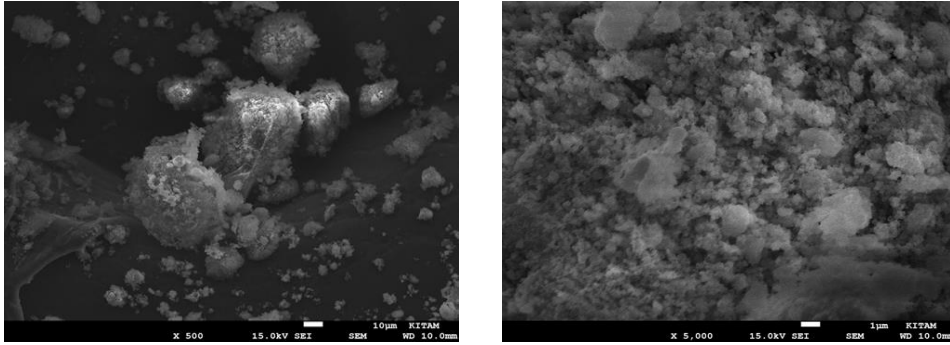


XRD spektrumunda yer alan  $25^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $37^\circ$ ,  $43^\circ$ ,  $52^\circ$ ,  $57^\circ$  ve  $59^\circ$  deki pikler yapıda  $\text{Al}_2\text{O}_3$  fazının bulunduğunu göstermektedir. Keskin olmayan  $26^\circ$ ,  $36^\circ$ ,  $39^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $55^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $73^\circ$ ,  $75^\circ$  deki pikler ise silika ( $\text{SiO}_2$ , kuartz) fazına ait olduğu söylenebilir. Elde edilen bu bulgular Feng ve ark., yaptıkları çalışmadaki  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  cam-seramik XRD sonuçları ve Zhu ve ark., yapmış oldukları  $\text{ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  cam-seramik sisteminin XRD grafikleri ile örtüşmektedir. Ayrıca elde edilen eğrideki pikler, HighScore programının kütüphanesindeki korundum ve silika pikleriyle de örtüşmektedir.

Şekil 3.2. SABS tozun EDS Analizi



Şekil 3.3. SABS tozun SEM görüntüsü

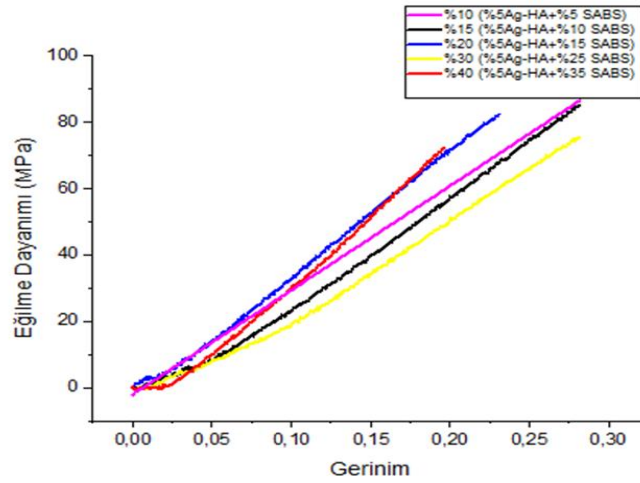


Şekil 3.2’de elde edilen EDS sonucuna göre SABS inorganik dolgu maddesinin bileşim oranları ağırlıkça % 52,2 oksijen, % 21,9 bor, % 21,1 silisyum, % 3,9 sodyum ve % 0,9 alüminyum içerdiği tespit edilmiştir. Şekil 3.3’te gösterilen SEM görüntüleri incelendiğine ise SABS inorganik dolgu maddesinin genel olarak küresel formda oluştuğu ve kısmen yapıda kümelenmeler meydana geldiği gözlenmiştir. Bu sonuçların Aguiar ve ark., çalışmalarında yer alan alümina borosilikat camın ve Habib’in yapmış olduğu çalışmada yer alan SEM görüntüleri ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

### 3.2. Mekanik test sonuçları

Hazırlanan kompozit gruplarının ağırlıkça %10 (%5 Ag-HA+%5 SABS), %15 (%5 Ag-HA+%10 SABS), %20 (%5 Ag-HA+%15 SABS), %30 (%5 Ag-HA+%25 SABS) ve %40 (%5 Ag-HA+%35 SABS) bileşimlerine göre elde edilen eğilme ve basma dayanımı grafikleri şekil 3.4'te ve Şekil 3.5'te belirtilmektedir. Elde edilen maksimum dayanımlarının rakamsal değerlerinin verildiği çizelgeler ise Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

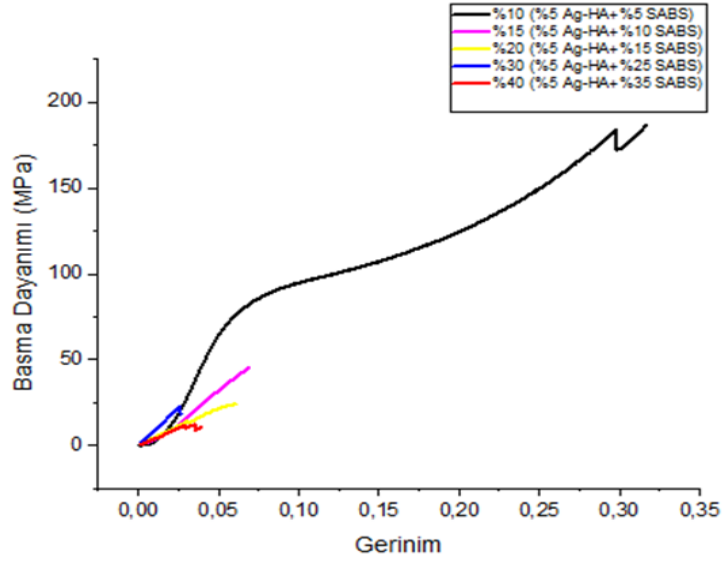
**Şekil 3.4.** SABS bileşim oranlarına göre hazırlanan kompozitlerin eğilme dayanımı grafiği.



**Çizelge 3.1.** SABS bileşim oranlarına göre hazırlanan kompozitlerin maksimum eğilme dayanımlarının rakamsal değerleri

	Eğilme Dayanımı (MPa)
%10 (%5 Ag-HA+ %5 SABS)	85,02
%15 (%5 Ag-HA+ %10 SABS)	84,73
%20 (%5 Ag-HA+ %15 SABS)	82,05
%30 (%5 Ag-HA+ %25 SABS)	78,01
%40 (%5 Ag-HA+ %35 SABS)	72,50

**Şekil 3.5.** SABS bileşim oranlarına göre hazırlanan kompozitlerin basma dayanımı grafiği



**Çizelge 3.2.** SABS bileşim oranlarına göre hazırlanan kompozitlerin maksimum basma dayanımlarının rakamsal değerleri

	Basma Dayanımı (MPa)
%10 (%5 Ag-HA+ %5 SABS)	186,23
%15 (%5 Ag-HA+ %10 SABS)	45,35
%20 (%5 Ag-HA+ %15 SABS)	24,30
%30 (%5 Ag-HA+ %25 SABS)	18,70
%40 (%5 Ag-HA+ %35 SABS)	10,60

Elde edilen test sonuçlarına göre inorganik dolgu maddesi miktarı arttıkça eğilme ve basma dayanımında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Maksimum eğilme dayanımı ağırlıkça %10 (%5 Ag-HA+ %5 SABS) inorganik dolgu maddesi içeren kompozitte gözlemlenmiş olup elde edilen değer 85,02 MPa'dır. Maksimum basma dayanımı ise ağırlıkça %10 (%5 Ag-HA+ %5 SABS) inorganik dolgu maddesi içeren kompozitte belirlenmiş olup elde edilen değer 186,23 MPa'dır. Aguiar ve ark.,

yaptıkları çalışmada ağırlıkça %62 oranında 500°C’de elde ettikleri inorganik dolgu maddesi ve BisGMA/TEGDMA polimer matris kullanarak hazırladıkları kompozitin eğilme dayanımını 36,8 MPa ve basma dayanımını 10,2 MPa olarak bildirmişlerdir. Augiar ve ark., çalışmalarındaki veriler ile bu çalışmada elde ettiğimiz veriler karşılaştırıldığında eğilme dayanımı için ağırlıkça %40 dolgu maddesi bileşimi içeren kompozitteki eğilme dayanımının 72,50 MPa ve basma dayanımının 10,60 MPa değerleri ile karşılaştırılabilir olduğu düşünülmektedir. Rodriguez ve ark., yaptıkları çalışmada BisGMA/TEGDMA/BisEMA/UDMA matris fazını kullanarak ve nano silika, donut şekilli nano silika ve amorf baryum alümina boro silikat inorganik dolgu maddelerini ara bağlayıcı faz olan silan grubu ( $\gamma$ -MPS) ile modifiye ederek dental kompozit grupları hazırlamışlardır. Elde ettikleri verilere göre ağırlıkça %40 baryum alümina borosilikat içeren kompozitin eğilme dayanımında belirttikleri yaklaşık 82 MPa değeri ile bu çalışmada elde edilen ağırlıkça %40 inorganik dolgu maddesi içeren kompozitin 72,50 MPa eğilme dayanımının karşılaştırılabilir olduğu düşünülmektedir. Rodriguez ve ark., çalışmalarında ayrıca ağırlıkça %76,5 inorganik dolgu maddesi kullandıklarında eğilme dayanımının 120 MPa ile maksimum olduğunu belirtmişlerdir.

Literatürdeki bulgular ve bu çalışmada elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, inorganik dolgu maddesi (SABS) ve polimer matris arasındaki etkileşimi kuvvetlendirmek amacıyla, sisteme silan bağlanma ajanlarının eklenmesi gerektiği görüşüne varılmıştır. İnorganik dolgu maddesi ve polimer matris arasında yeterli etkileşim sağlanmadığı için inorganik bileşen arttıkça mekanik özelliklerde zayıflama olduğu belirlenmiştir. Kullanılacak ara bağlayıcı vasıtasıyla, daha fazla inorganik dolgu maddesi kompozit sistemde homojen olarak dağıtılabilir ve böylelikle polimerizasyon büzülmesinin de azalabileceği öngörülmektedir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından **PYO.MUH.1904.20.001** proje numarası ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Alsharif, O. S., Akil, H. b. M., El-Aziz, Z. A. B. A. (2013). Influence of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as filler loading on the fracture toughness of light-cured dental resin composites. *Advanced materials research Vols 816-817: 227-231.*
- Ağaccioğlu, M., Aytaç, F. (2019). Kompozit rezinlerin polimerizasyon yöntemleri ile ilgili analiz yöntemleri. *Türkiye Klinikleri Journal Dental Science. 25(2): 201-12.*
- Dayangaç, G. B., (2000). Kompozit rezin restorasyonlar. Güneş kitabevi Ltd. Şti., Ankara, 115.
- Dias H. B., Bernardi M. I. B., Bauab, T. M., Hernandez A.C., Rastelli A. N. S. (2019). Tinium dioxide and modified titanium dioxide by silver nanoparticles as an anti biofilm filler content for composite resins. *Dental Materials. 35: e36-e46.*
- Habib, E. P. (2017). *Methods and Physical Chemistry of Resin-based Dental Composites.* Universite de Montreal. Departman de Chimie Faculte des arts et des Science. Philosophiae Doctor. Chapter 2: 20-27.
- Sunbul, H. A., Silikas N., Watts, D. C. (2016). Polymerization shrinkage kinetics and shrinkage-stress in dental resin-composites. *ScienceDirect, 32; 98-1006.*
- Türkün L. Ş. Düünden bugüne kompozit rezinler. <https://www.slideshare.net/sebnemturkun/kompozit-rezinler-gmag-51931136> (Erişim tarihi: 26.08.2020).
- Yadav, R., Kumar, M. (2020). Investigation of the physical, mechanical and thermal properties of nano and microsized particulate-filled dental composite material. *Journal of Composite Materials. 0: 1-11.*
- Yadav, R., Kumar, M. (2019). Dental restorative composite materials: A review. *Journal of Oral Bioscience. 61: 78-83*



# CNC TEZGAHTA PVC MALZEMEYE SÜRTÜNME KARIŞTIRMA NOKTA KAYNAĞININ UYGULANMASI

**Dr. Öğr. Üyesi Şenol MERT**

Düzce Üniversitesi

**Buğra Can KUTLU**

Düzce Üniversitesi

**Öğr. Gör. Dr. Sevda MERT**

Düzce Üniversitesi

**Aydın ÜÇÜNCÜ**

Düzce Üniversitesi

**ÖZET:** Bu deneysel çalışmada, sürtünme karıştırma nokta kaynağı (SKNK), polivinil klorür (PVC) malzemenin birleştirilmesi için uygulanmıştır. Sürtünme karıştırma nokta kaynağı yöntemi, sürtünme karıştırma kaynağı (SKK) yönteminden türetilmiş ve son zamanlarda sadece otomobil sektöründe değil aynı zamanda diğer endüstri kollarında da oldukça dikkat çeken yeni bir kaynak yöntemidir. SKNK yöntemi otomasyona yatkındır. Bu sayede, robot ve otomasyon sistemlerine entegre edilerek kolayca geliştirilmiştir. Yöntem sayesinde, kısa işlem zamanı ile etkili bindirme bağlantıları elde edilebilir. Yöntemin, SKK yönteminde kullanılan kaynak takımına benzer bir takım, dalma, karıştırma ve geri çekilme olarak belirtilen üç kademedен oluşan bir uygulaması vardır. Çeşitli araştırmacıların çalışmaları, bu yöntem için takım geometrisinin, takım devir sayısının, takım dalma derinliğinin ve bekleme süresinin, bağlantının çekme kuvveti üzerine oldukça etkisi olduğunu göstermiştir. Bu deneysel çalışmada, 4 mm kalınlığındaki PVC levhaların SKNK ile bindirme bağlantıları CNC tezgahta yapılmıştır. Kaynaklı numunelere uygulanan çekme testleri sonucunda, elde edilen maksimum çekme kuvveti ve en uygun kaynak parametreleri belirlenmiştir. Kaynaklı bağlantı için maksimum çekme kuvveti 4970 N olarak elde edilmiştir. Bu değer esas malzemenin %69,61'ine eşdeğerdir.

**Anahtar Kelimeler:** PVC, SKNK, Takım, Çekme Testi, CNC Tezgah

## **Application of Friction Stir Spot Welding to PVC Material on the CNC Machine**

**ABSTRACT:** In this experimental study, the friction stir spot welding (FSSW) was applied for joining polyvinyl chloride (PVC) material. The friction

stir spot welding method is a derivative of the friction stir welding (FSW) process, which is a new process that recently has received considerable attention from the automotive and other industries. FSSW method is prone to automation. In this way, by integrating the robot and automation systems have been easily developed. Thanks to the method, the effective overlapping joints can be obtained a short processing time. The FSSW process consists of three phases of plunging, stirring and retraction with the FSSW tool similar to the FSW tool. Studies by various researchers have shown quite the effect of tool geometry, tool rotation speed, tool penetration and dwell time on tensile failure load of the joint for this method. In the experimental study, 4 mm thick PVC sheets were done lap joints with FSSW in the CNC (Computer Numerical Control) machine. The maximum tensile force and the most optimum welding parameters have been determined as a result of tensile tests applied to the welded samples. The maximum tensile force was obtained as 4970 N for the welded joining. This value is equivalent to 69,61% of the base material.

**Keywords:** PVC, FSSW, Tool, Tensile Test, CNC Machine

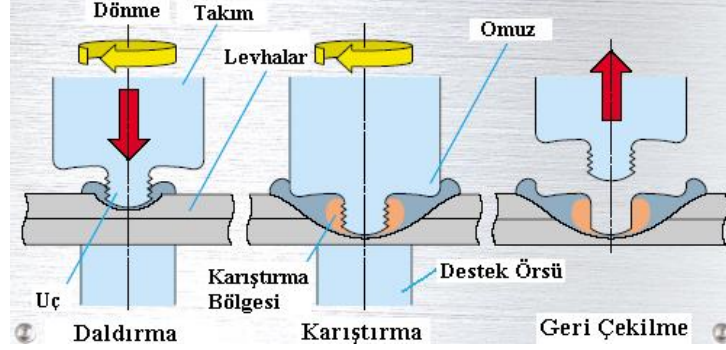
## 1. GİRİŞ

Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı (SKNK) yöntemi 1993 yılında Mazda tarafından icat edilmiş, tamamen yeni ve ergime olmaksızın bindirme bağlantısı gerçekleştirilen bir katı faz kaynak yöntemidir (Feng vd., 2004; Feng vd., 2005; Mitlin vd., 2006; Arıcı ve Mert, 2007; Lin vd., 2008a; Lin vd., 2008b; Mert ve Arıcı, 2008; Tran vd., 2008; Tran vd., 2009; Mert, 2010; Mert vd. 2020). SKNK, sürtünme karıştırma kaynağından (SKK) türetilmiştir ve otomotiv sektöründe oldukça dikkat çekmektedir (Mert ve Mert, 2013a; Mert ve Mert, 2013b; Mert ve Mert, 2015). Otomotiv endüstrisinde alüminyum sacların birleştirilmesinde direnç nokta kaynağı sonucunda oluşan hataların giderilmesi için geliştirilen SKNK, başarılı bir şekilde, çelik (Khan vd., 2007), alüminyum (Fujimoto vd., 2008), magnezyum levhalara (Yin vd., 2010) uygulanmaktadır. SKNK ile plastikler üzerine yapılan ilk çalışmalar neticesinde, bu yöntemin polimer esaslı malzemelere de uygulanabilirliği kanıtlanmıştır (Arıcı ve Mert, 2007; Mert ve Arıcı, 2008; Arıcı ve Mert 2008; Mert, 2010). Sonrasında ise çeşitli polimer malzemelerin SKNK yöntemi ile birleştirilerek optimum parametrelerin saptanabilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. SKNK yönteminin metal malzemelere ilaveten plastik malzemelere de uygulanabilmesi, yönteme önemli bir avantaj kazandırmıştır (Feng vd., 2005; Mitlin vd., 2006; Hinrichs, 2006; Arıcı ve Mert, 2007; Arıcı ve Mert, 2008; Mert ve Arıcı, 2011; Yusof vd., 2012; Bilici ve Yukler, 2012a; Bilici ve Yukler, 2012b; Kawasaki, 2013; Mert ve Mert, 2013a; Mostafapour ve Asad, 2016; Yan vd., 2017; Çakır vd., 2017a; Çakır vd., 2017b).

Plastik malzemelerin laboratuvar şartlarında istenilen özelliklerinin geliştirilmesindeki sınırsızlık, bu malzemelere geleceğin mühendislik malzemeleri olma özelliğini kazandırmıştır. Metalik malzemelere göre mekanik özelliklerinin daha düşük olmasına rağmen plastik yapıya çeşitli katkı maddelerinin ilave edilmesiyle (cam, karbon, talk, fiber vb.) fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi mümkün olabilmektedir (Mert, 2010). İlk polimer malzeme 1868 yılında J. Hyatt tarafından keşfedilen selüloittir (Parlar, 2002; Akkurt, 2007). Termoplastiklerin zincirleri arasında çapraz bağlar bulunmaması ve doğrusal veya dallanmış zincirli polimerler olması nedeniyle uygun çözücülerde çözünürler, ısıtıldıklarında erirler ve eritilerek defalarca yeniden şekillendirilebilirler (Mert, 2010).

Son yıllarda geliştirilen kaynak yöntemleri, direnç nokta kaynağı gibi özellikle otomotiv sanayisinde halen kullanılmakta olan kaynak yöntemlerinin yerini almaya adaydır. Bu anlamda, direnç nokta kaynağının alternatif kaynak yöntemi SKNK olarak ifade edilmektedir. Otomotiv sanayisinde, bir otomobilin üretilmesinde binlerce parça kullanılmakta ve yüzlerce farklı tipte işlem gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlerin en önemlilerinden birisi aracın kalitesini %40 oranında etkileyen ve aracın gövdesinin ortaya çıkarıldığı kaynak işlemleridir (Mert ve Mert, 2013a). Sürtünme karıştırma nokta kaynağı, sürtünme karıştırma kaynağı tekniğine dayanan yeni bir kaynak yöntemidir (Xu vd., 2018) ve SKNK ilk olarak Mazda firması tarafından, önce Mazda RX-7 model spor arabaların, sonrasında ise RX-8 model spor arabaların üretiminde kullanılmıştır (Mert, 2010).

SKNK yöntemi, sürtünme karıştırma kaynağının nokta halinde dikiş üreten bir versiyonudur. SKNK tekniği, geleneksel ergitmeli kaynak teknikleri ile karşılaştırıldığında en önemli avantajlarından biri ana metalin ergimeden kaynak işleminin gerçekleşmesidir (Bilici vd., 2016). Yeni bir kaynak yöntemi olan SKNK, otomotiv, havacılık ve diğer sektörlerdeki uygulamaları için çalışılmıştır (Malafaia vd., 2010; Venukumar vd., 2013; Buffa vd., 2014). SKNK yönteminin, SKK yönteminde kullanılan kaynak takımına benzer bir takımla, daldırma, karıştırma ve geri çekilme olarak belirtilen üç kademedede gerçekleştirilen bir uygulaması vardır (Feng vd., 2004; Awang vd., 2005; Gerlich vd., 2005; Feng vd., 2005; Lathabai vd., 2006; Smith vd., 2006; Mert ve Arıcı, 2011; Kawasaki, 2013; Rosendo vd., 2013). Bu birleştirme sürecinin üç aşaması Şekil 1’de görülmektedir (Mert ve Mert, 2013a).

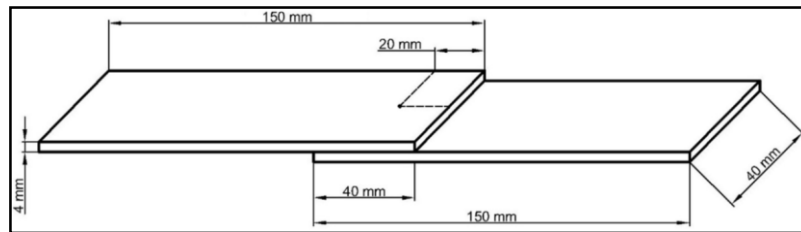


Şekil 1. SKNK Yönteminin Üç Kademesi (Mert ve Mert, 2013a)

Bu deneysel çalışmada, 4 mm kalınlığındaki polivinil klorür (PVC) levhaların SKNK ile bindirme bağlantıları, CNC tezgahta hassas bir şekilde G ve M kodları girilerek yapılmıştır. Kullanılan polimer malzemeye ve parametrelere bağlı olarak ulaşılabilecek maksimum çekme kuvveti değeri belirlenmiştir. Kaynaklı bağlantıların oluşturulması için literatürdeki kaynak takımları incelenerek, uygun kaynak takımı tasarlanıp, üretilmiştir. CNC tezgahta, SKNK uygulanan numuneler, tekrarlanan çekme deneyleri ile test edilmiştir. Yapılan ön çalışmaların ışığında, belirli bir dalma derinliği ve dalma hızı için, farklı devir sayısı ve farklı bekleme süresi değerleri kullanılarak, çekme kuvvetini maksimum değere taşıyan optimum kaynak parametreleri belirlenmiştir. Ortaya çıkan kopma bölgeleri ayrıca incelenerek yorumlanmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu deneysel çalışmada, kaynaklı bağlantıların oluşturulmasında kullanılan PVC numuneler, 150x40x4 mm boyutlarında ve standartlara uygun şekilde hazırlanmıştır. SKNK yöntemini uygulamak için PVC numunelerin bindirme pozisyonu Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. PVC Numunelerin SKNK İçin Bindirme Pozisyonu

7,5 mm dalma derinliği ve 80 mm/dak dalma hızı sabit tutularak, 750 d/d, 1250 d/d, 2000 d/d farklı devir sayılarında, 75 sn, 100 sn, 125 sn ve 150 sn farklı bekleme sürelerinde, kaynak işlemleri CNC freze tezgahında gerçekleştirilmiştir. Kaynak takımı öncelikle ön ısıtma işlemi için 6,7 mm dalma derinliğinde 60 sn bekletilerek takımın ısınması sağlanmıştır ve kaynak işlemleri kaynak takımına ön ısıtma işlemi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan kaynak takımı, 4140 ıslah çeliği malzemesinden bu deneysel çalışmada kullanılmak üzere özel olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir. Kaynaklı bağlantılarda kullanılan SKNK takımı, Şekil 3'te görülmektedir. Tablo 1'de ise, deneylerde kullanılan kaynak takımının boyutları ile ilgili bilgiler verilmiştir.



Şekil 3. SKNK Takımı

Tablo 1. SKNK Takımının Boyutları

<b>Omuz Çapı</b>	26 mm
<b>Takım Ucu Çapı (pim çapı)</b>	7,5 mm
<b>Uç Uzunluğu (pim uzunluğu)</b>	6 mm
<b>Omuz çapı / Uç çapı</b>	3,46
<b>Uç çapı / Uç uzunluğu</b>	1,25

Kaynak numunelerini tezgah tablasına bağlamak için tasarlanıp üretilen bağlama aparatı Şekil 4'te gösterilmiştir. Kaynak yapılacak numuneler bağlama aparatına bağlandıktan sonra, CNC Freze tezgahının programına G ve M kodları girilerek kaynak işlemi hassas bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

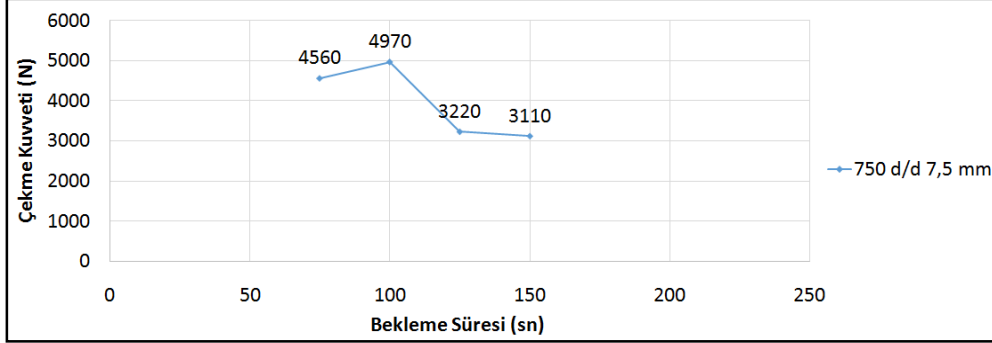


Şekil 4. Bağlama Aparatı

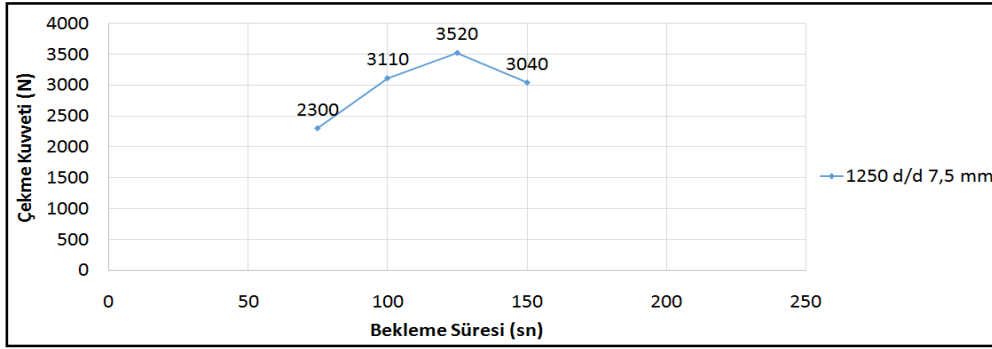
Kaynaklı bağlantıların ulaştığı maksimum çekme kuvveti değerleri, mekanik testlerden çekme deneyi ile belirlenmiştir. Bilgisayar kontrollü elektromekanik bir çekme testi cihazı kullanılarak, kaynaklı numunelere standartlara uygun olarak çekme testleri uygulanmıştır. Çekme test hızı 20 mm/dak ve çeneler arası mesafe 180 mm olarak ilgili standarda göre belirlenmiştir.

### 3. DENEYSEL SONUÇLAR

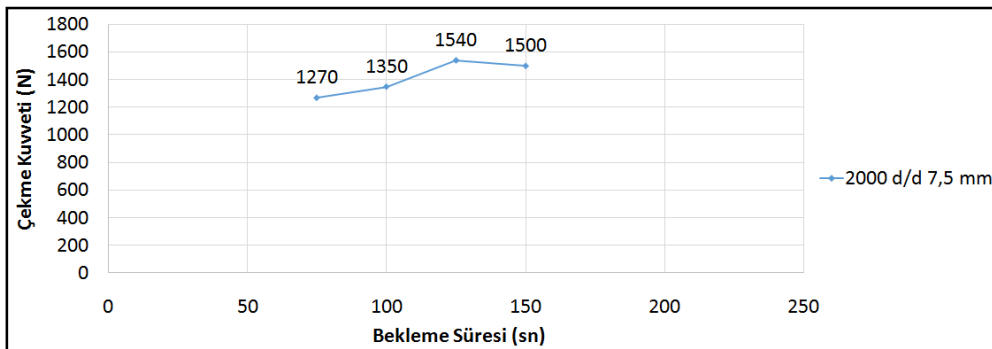
Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7’deki grafiklerde, 7,5 mm sabit dalma derinliği için, sırasıyla 750 d/d, 1250 d/d ve 2000 d/d’deki farklı devir sayılarında, 75 sn, 100 sn, 125 sn ve 150 sn farklı bekleme sürelerinde yapılan SKNK deneylerinde, çekme kuvveti değerlerinin farklı parametrelere bağlı olarak değişimi görülmektedir. Tüm devir sayıları için belirli bir bekleme süresine kadar çekme kuvvetinin arttığı, optimum değere ulaşıldıktan sonra tekrar azaldığı görülmektedir. Kaynaklı bağlantı için, 4970 N olan maksimum çekme kuvveti değerine, 750 d/d devir sayısında, 100 sn bekleme süresinde ve 7,5 mm dalma derinliğinde ulaşılmıştır. Bu değer esas malzemenin %69,61’ine eşdeğerdir.



Şekil 5. 750 d/d Devir Sayısı ve 7,5 mm Dalma Derinliği İçin, Farklı Bekleme Sürelerinde Çekme Kuvvetinin Değişimi



Şekil 6. 1250 d/d Devir Sayısı ve 7,5 mm Dalma Derinliği İçin, Farklı Bekleme Sürelerinde Çekme Kuvvetinin Değişimi



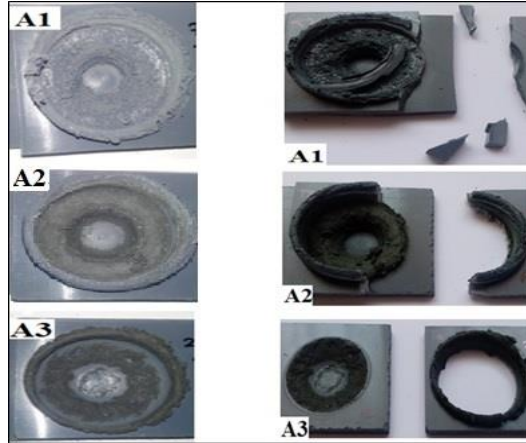
Şekil 7. 2000 d/d Devir Sayısı ve 7,5 mm Dalma Derinliği İçin, Farklı Bekleme Sürelerinde Çekme Kuvvetinin Değişimi

En yüksek çekme kuvveti değerlerinin elde edildiği SKNK numuneleri ve kodları Tablo 2’de verilmiştir. Tabloda, en yüksek çekme kuvveti değerlerinin elde edildiği SKNK numunelerinin parametreleri yer almaktadır. 750 d/d, 1250 d/d ve 2000 d/d takım devir sayılarında yapılan deneylerde elde edilen çekme kuvvetleri incelendiğinde, devir sayısı arttıkça çekme kuvvetinde düzenli bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

**Tablo 2.** Numune Kodları

Numune Kodu	Devir Sayısı (d/d)	Dalma Derinliği (mm)	Bekleme Süresi (sn)	Çekme Kuvveti (N)
A1	750	7,5	100	4970
A2	1250	7,5	125	3520
A3	2000	7,5	125	1540

En yüksek çekme kuvveti değerlerinin elde edildiği SKNK numunelerinin çekme testi öncesi ve çekme testi sonrası görüntüleri Şekil 8’de görülmektedir. Kopma bölgelerinde meydana gelen hasar incelendiğinde, en yüksek çekme kuvvetinin elde edildiği numunedeki hasarın daha yüksek olduğu açıkça görülmektedir. Elde edilen bu görüntüler, çekme testi sonuçlarını destekleyen önemli verilerdir.



**Şekil 8.** En Yüksek Çekme Kuvveti Değerlerinin Elde Edildiği SKNK Numunelerinin Çekme Deneyi Öncesi (solda) ve Çekme Deneyi Sonrası (sağda) Görüntüleri

#### 4. SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışmada, PVC malzeme için, düşük devir sayısında dahi, kaynak için gerekli ısıya ulaşılabilirdiği ve en yüksek çekme kuvvetinin elde edildiği görülmektedir. 750 d/d, 1250 d/d ve 2000 d/d takım devir sayılarında yapılan deneylerde elde edilen çekme kuvvetleri incelendiğinde, devir sayısı arttıkça çekme kuvvetinde düzenli bir azalma meydana geldiği görülmektedir. Buna bağlı olarak da kopma bölgelerinde meydana gelen hasarın azaldığı görülmektedir. Kopma bölgelerinde meydana gelen hasarlar incelendiğinde, en yüksek çekme kuvveti elde edilen numunedeki hasarın daha yüksek olduğu görülmektedir. Tüm devir sayıları için belirli bir bekleme süresine kadar çekme kuvvetinin arttığı, optimum değere ulaşıldıktan sonra tekrar azaldığı görülmektedir. Kaynaklı bağlantı için, 4970 N olan maksimum çekme kuvveti değerine, 750 d/d devir sayısında, 100 sn bekleme süresinde ve 7,5 mm dalma derinliğinde ulaşılmıştır. Bu değer esas malzemenin %69,61'ine eşdeğerdir.

#### **KAYNAKLAR**

- AKKURT, S. (2007). Plastik Malzeme Bilimi Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- ARICI, A. A. and MERT, Ş. (2008). "Friction Stir Spot Welding of Polypropylene," Journal of Reinforced Plastics and Composites, vol. 27 (18), pp. 2001-2004.
- ARICI, A. A. ve MERT, Ş. (2007). "Polipropilen Malzemenin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı İle Birleştirilmesi", PAGEV Plastik Dergisi, 95, pp. 152-162.
- AWANG, M., MUCINO, V. H., FENG, Z. and DAVID, S. A. (2005). "Thermo-Mechanical Modeling of Friction Stir Spot Welding (FSSW) Process: Use of an Explicit Adaptive Meshing Scheme", SAE International, 2005-01-1251.
- BİLİCİ, M. K., BAKIR, B., BOZKURT, Y. ve ÇALIŞ, İ. (2016). "Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Tekniği ile Birleştirilen Farklı Alüminyum Levhaların Taguchi Analizi", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(1), pp. 17-23.
- BİLİCİ, M. K. and YUKLER, A. I. (2012a). "Effects of Welding Parameters on Friction Stir Spot Welding of High Density Polyethylene Sheets", Materials and Design, vol. 33, pp. 545-550.

- BİLİCİ, M. K. and YUKLER, A. I. (2012b). “Influence of Tool Geometry and Process Parameters on Macrostructure and Static Strength in Friction Stir Spot Welded Polyethylene Sheets”, *Materials and Design*, vol. 33, pp. 145-152.
- BUFFA, G., FANELLI, P., FRATINI, L. and VIVIO, F. (2014). “Influence of Joint Geometry on Micro and Macromechanical Properties of Friction Stir Spot Welded Joints”, *11th International Conference on Technology of Plasticity, Procedia Engineering*, 81, pp. 2086 - 2091.
- ÇAKIR, G., MERT, Ş. ve MERT, S. (2017a). “CNC Tezgahta Polipropilen Malzemeye Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağının Uygulanması ve Optimum Kaynak Parametrelerinin Belirlenmesi”, *ISMSIT 2017, 1<sup>st</sup> International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, Tokat, Turkey, pp. 36-41.
- ÇAKIR, G., MERT, Ş. ve MERT, S. (2017b). “Polipropilen Malzemeye Uygulanan Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağında Takım Geometrisinin Bağlantı Dayanımına Etkisinin İncelenmesi”, *ISMSIT 2017, 1<sup>st</sup> International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, Tokat, Turkey, pp. 207-213.
- FENG, Z., SANTELLA, M. L., DAVID, S. A., STEEL, R. J., PACKER, S. M., PAN, T., KUO, M. and BHATNAGAR, R. S. (2005). “Friction Stir Spot Welding of Advanced High-Strength Steels-A Feasibility Study”, *SAE World Congress*, Detroit, Michigan, USA.
- FENG, Z., DIAMOND, S., SANTELLA, M. L., PAN, T. Y. and LI, N. (2004). “High Strength Weight Reduction Materials - Friction Stir Welding and Processing of Advanced Materials”, *Oak Ridge National Laboratory Report, DE-AC05-00OR22725*, 101-108.
- FUJIMOTO, M., KOGA, S., ABE, N., SATO, Y. S, and KOKAWA, H. (2008). “Microstructural Analysis of Stir Zone of Al Alloy Produced by Friction Stir Spot Welding”, *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 13, no. 7, pp. 663-670.
- GERLICH, A., SU, P., NORTH, T. H. and BENDZSAK, G. J. (2005). “Friction Stir Spot Welding of Aluminum and Magnesium Alloys”, *Materials Forum*, 29, pp. 290-294.
- HINRICHS, J. (2006). “Friction Stir Spot Welding”, *Friction Stir Link Inc.*, [www.frictionstirlink.com](http://www.frictionstirlink.com), 21.03.2006.

- KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES LTD. (2013). “A New Method For Light Alloy Joining - Friction Spot Joining - Kawasaki Robot, Japan”, [www.kawasaki-robot.com](http://www.kawasaki-robot.com), 18.03.2006 and 28.03.2013.
- KHAN, M. I., KUNTZ, M. L., SU, P., GERLICH, A., NORTH, T. and ZHOU, Y. (2007). “Resistance and Friction Stir Spot Welding of DP600: A Comparative Study”, *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 12 (2), pp. 175-182.
- LATHABAI, S., PAINTER, M. J., CANTIN, G. M. D. and TYAGI, V. K. (2006). “Friction Spot Joining of an Extruded Al-Mg-Si Alloy”, *Scripta Materialia*, 55, pp. 899-902.
- LIN, P. C., PAN, J. and PAN, T. (2008a). “Failure Modes and Fatigue Life Estimations of Spot Friction Welds in Lap-Shear Specimens of 6111-T4 Sheets. Part 1: Welds Made by a Concave Tool”, *International Journal of Fatigue*, vol. 30, pp. 74-89.
- LIN, P. C., PAN, J. and PAN, T. (2008b). “Failure Modes and Fatigue Life Estimations of Spot Friction Welds in Lap-Shear Specimens of 6111-T4 Sheets. Part 2: Welds Made by a Flat Tool”, *International Journal of Fatigue*, vol. 30, pp. 90-105.
- MALAFIA, A. M. S., MILAN, M. T., OLIVEIRA, M. F. and SPINELLI, D. (2010). “Evaluation of Dynamic Defect Detection in Fssw Welded Joints Underfatiguetests”, *Procedia Engineering*, 2, pp. 1823-1828.
- MERT, Ş., ÜÇÜNCÜ, A. ve MERT, S. (2020). “Poliamid 6 Malzemenin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı”, *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt 3, Sayı 1, ss. 23-34.
- MERT, Ş. ve MERT, S. (2015). “Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Yönteminin Otomotiv Sektöründeki Yeri”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3, pp. 432-438.
- MERT, Ş. ve MERT, S. (2013a). “Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Yönteminin İncelenmesi”, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi (Journal of Advanced Technology Sciences)*, cilt 2, sayı 1, pp. 26-35.
- MERT, Ş. ve MERT, S. (2013b). “Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı Yönteminde Kullanılan Makina ve Ekipmanların İncelenmesi”, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi (Journal of Advanced Technology Sciences)*, cilt 2, sayı 3, pp. 121-129.

- MERT, Ş. and ARICI, A. A. (2011). “Design of Optimal Joining for Friction Stir Spot Welding of Polypropylene Sheets”, *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 16(6), pp. 522-527.
- MERT, Ş. (2010). *Polipropilen Malzemenin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı İle Birleştirilmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.*
- MERT, Ş. ve ARICI, A. A. (2008). “Friction Stir Spot Welding Method Using in Polypropylene Sheet Materials Joining”, *12th International Materials Symposium, Pamukkale University, Denizli, Turkey*, pp. 1150-1156.
- MITLIN, D., RADMILOVIC, V., PAN, T., CHEAN, J., FENG, Z. and SANTELLA, M. L. (2006). “Structure Properties Relations in Spot Friction Welded (Also Known as Friction Stir Spot Welded) 6111 Aluminum”, *Materials Science and Engineering*, vol. 441, pp. 79-96.
- MOSTAFAPOUR, A. and ASAD, F. T. (2016). “Investigations on Joining of Nylon 6 Plates Via Novel Method of Heat Assisted Friction Stir Welding to Find the Optimum Process Parameters”, *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 21 (8), pp. 660-669.
- PARLAR, Z. (2002). *Poliamid Malzemelerin Sürtünme ve Aşınma Karakteristiğine Sıcaklığın Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- ROSENDO, T., MAZZAFERRO, J., MAZZAFERRO, C., TIER, M., RAMOS, F., REGULY, A., STROHAECKER, T. and DOS SANTOS, J. (2013). “Friction Spot Processes - FSSW and FSpW”, [http://www.hzg.de/imperia/md/content/gkss/institut\\_fuer\\_werkstoffforschung/wmp/poster-apresentacao-gkss2.pdf](http://www.hzg.de/imperia/md/content/gkss/institut_fuer_werkstoffforschung/wmp/poster-apresentacao-gkss2.pdf), 28.03.2013.
- SMITH, C. B., HINRICHS, J. F. and RUEHL, P. C. (2006). “Friction Stir and Friction Stir Spot Welding”, *Friction Stir Link Inc, www.frictionstirlink.com*, 21.03.2006.
- TRAN, V. X., PAN, J. and PAN, T. (2008). “Fatigue Behavior of Aluminum 5754-O and 6111-T4 Spot Friction Welds in Lap-Shear Specimens,” *International Journal of Fatigue*, vol. 30, pp. 2175-2190.
- TRAN, V. X., PAN, J. and PAN, T. (2009). “Effects of Processing Time on Strengths and Failure Modes of Dissimilar Spot Friction Welds Between Aluminum 5754-O and 7075-T6 Sheets”, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 209, pp. 3724-3739.

- VENUKUMAR, S., YALAGI, S. and MUTHUKUMARAN, S. (2013). “Comparison of Microstructure and Mechanical Properties of Conventional and Refilled Friction Stir Spot Welds in AA 6061-T6 Using Filler Plate”, Transactions Nonferrous Metals Society China, 23, pp. 2833-2842.
- XU, R. Z., NI, D. R., YANG, Q., XIAO, B. L., LIU, C. Z. and MA, Z. Y. (2018). “Influencing Mechanism of Al-Containing Zn Coating on Interfacial Microstructure and Mechanical Properties of Friction Stir Spot Welded Mg-Steel Joint”, Materials Characterization, 140, 197-206.
- YAN, Y., SHEN, Y., ZHANG, W. and GUAN, W. (2017). “Effects of Friction Stir Spot Welding Parameters on Morphology and Mechanical Property of Modified Cast Nylon 6 Joints Produced by Double-Pin Tool,” The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 92, pp. 2511-2523.
- YIN, Y. H., SUN, N., NORTH, T. H. and HU, S. S. (2010). “Hook Formation and Mechanical Properties in AZ31 Friction Stir Spot Welds”, Journal of Materials Processing Technology, vol. 210 (14), pp. 2062-2070.
- YUSOF, F., MIYASHITA, Y., SEO, N., MUTOH, Y. and MOSHWAN, R. (2012). “Utilising Friction Spot Joining for Dissimilar Joint Between Aluminium Alloy (A5052) and Polyethylene Terephthalate”, Science and Technology of Welding and Joining, vol. 17, pp. 544-549.



# TÜRKİYE'DE VE DÜNYA'DA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI

**Sibel AKKAYA OY**

Ordu Üniversitesi

**Hakan KARADENİZ**

Ordu Üniversitesi

**ÖZET:** Dünyada ülkelerinin enerjiye bakış açısı 1973 yılındaki Petrol İhraç Eden Arap Ülkeleri Birliğinin (OAPEC) Arap-İsrail Savaşı (Yom Kippur Savaşı) nedeniyle uyguladığı petrol ambargosu sonucunda köklü bir değişim geçirmiştir (Vikipedi, 2020). Ülkelerin sadece enerji ihtiyacının karşılanması üzerine olan politikaları enerjiyi bir güç olarak görme üzerine evrilmiştir.

Enerji arzının güvenliği ve enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı; petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların neden olduğu çevresel ve ekonomik etkiler; enerji açığı olan ülkeleri yenilebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir.

Günümüzde Dünyada ve Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları arasında oldukça önemli bir yere sahip olan güneş enerjisinin elektrik üretimindeki payı gün geçtikçe artmakta ve bu alanda yapılan çalışmalar da giderek önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada bugün için dünya toplam enerji arzının küçük bir kısmını oluşturan ancak geleceğin enerji kaynağı olarak değerlendirilen yenilenebilir enerji kaynaklarından Güneş Enerjisinin Dünya'da ve Türkiye'de ki kullanımı incelenecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji İhtiyacı, Yenilenebilir Enerji, Güneş Enerjisi

## Solar Energy Utilization in Turkey and the World

**ABSTRACT:** The countries' perspective on energy in the world has undergone a radical change as a result of the oil embargo imposed by the Organization of Arap Petroleum Exporting Countries (OAPEC) in 1973 due to the Arab-Israeli War (Yom Kippur War) (Vikipedi, 2020). The policies of countries only on meeting their energy needs have evolved to see energy as a power.

Security of energy supply and sustainable use of energy resources; environmental and economic impacts caused by fossil fuels such as oil, coal and natural gas; led the countries with energy deficit to renewable energy sources.

Today, the share of electricity production of the solar energy has an important place among the renewable energy sources in the world and Turkey increasing day by day and studies in this field are also becoming increasingly important.

In this study constitute a small portion of the total energy supply for the world of today but in the future of the energy source is considered the world and the use of Renewable Energy Sources Solar Energy in Turkey will be discussed.

**Keywords:** Energy Need, Renewable Energy, Solar Energy

## 1. GİRİŞ

İnsanlık Güneş Enerjisini günümüzde ya da yakın geçmişte keşfedip kullanmaya başlamamış aslında çok eski tarihlerde Güneş Enerjisinin farkına varmıştır. Sokrat (M.Ö. 400) evlerin güney yönüne fazla pencere konularak güneş ışınımının içeri alınmasını sağlamış Arşimet (M.Ö. 250) içbükey aynalarla güneş ışınımını odaklayarak Sirakuza'yı kuşatan gemileri yakmıştır. Çalışmalar 1600'lü yıllarda Galile'nin merceği bulmasıyla gelişme göstermiştir (Güneş Sistemleri, 2020). Fransız bilim insanı Edmond Becquerel 1839 yılında ışık enerjisinin soğurularak voltaj elde edilebileceğini keşfetmiştir. İngiliz bilim insanı Willoughby Smith 1873-1876 yıllarında Selenyum elementinin fotoiletkenliğini keşfederek güneş enerjisinin toplanabileceğini göstermiştir. 1883 yılında Charles Fritts tarafından düşük verimlide olsa ilk Solar Hücre üretilmiştir. 1887 yılında ilk olarak Alman bilim adamı Heinrich Hertz tarafından fotoelektrik olay gözlemlenmiştir. 1953-1956 yılları arasında Bell Laboratuvarındaki çalışmalar sonucunda Silikon Güneş hücreleri ticari olarak üreilmeye, 1958 yılında Solar Enerji Sistemleri uzay çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır. 1982 yılında Hesperia, Kaliforniya'da 1MWe Güneş Enerji Santrali inşa edildi (Fotovoltaik Sistemler, 2020). Bu tarihsel süreçler sonucunda Güneşten enerji üretimi günümüzdeki teknolojik konumuna ulaşmıştır.

Ülkemiz fosil yakıtların hammaddeleri açısından zengin olan Orta Doğu coğrafyasına komşu olmasına karşın bilinen fosil kaynaklar bakımından fakir bir ülkedir ayrıca fosil yakıtların tükenme eğilimine girdiği düşünülmektedir. Bu fakirlik ülkemizi dışa bağımlı kılmıştır. Türkiye gibi gelişme olan ülkeler kategorisinde olan bir ülke için enerjide bağımsız ya da daha az bağımlı olmak ve enerji politikalarını çeşitlendirmek ulusal güvenlik meselesi olmuştur. Ülkemiz güneş, hidrolik, rüzgar ve jeotermal ve biyokütle enerjisi açısından potansiyele sahiptir ve bu potansiyelini avantaja çevirmek için çalışmalar yapmaktadır.

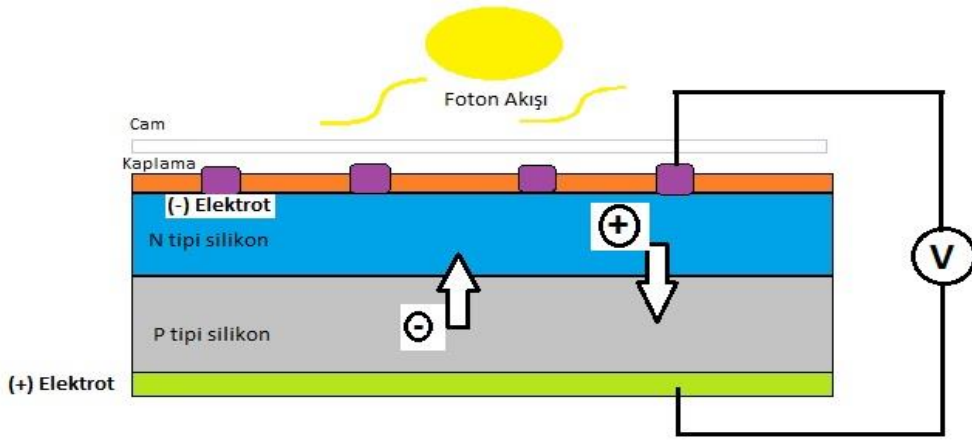
## 2. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN FAYDANILARAK ENERJİ ÜRETİMİNİN YOLLARI

Güneş enerjisinden temel olarak elektrik ve ısı üretmek mümkündür. Elektrik üretimi güneş ışığını emerek doğrudan elektriğe dönüştüren kristal silikon veya çeşitli ince yarı iletken film malzemelerden oluşan hücreler içeren Fotovoltaik Sistemler (Pv - Photovoltaic) ile gerçekleştirilmektedir. Isı üretmek ise Güneş ışınlarının odaklanarak yoğunlaştırılmasına dayanan bir mantıkla yapılmaktadır.

### 2.1. Fotovoltaik Sistemler (FV)

Fotonların yarı iletken düzenerlerin (Güneş pili – FV Hücre) üzerine düşürülmesiyle doğrudan elektrik enerjisi üretebilen teknolojiye Fotovoltaik adı verilir. Yarı iletken düzenerler iki ya da daha fazla ince yarı iletken katmandan oluşur. Şekil 1’de yarı iletken düzeneğin (Fv hücre) iç yapısı gösterilmiştir (Öztürk, 2020:2).

Şekil 1. FV Hücresinin İç Yapısı



Yukarıda iç yapısı görülen FV hücre pozitif ve negatif iki ayrı katmandan oluşur. Bu katmanlar N tipi ve P tipi yarı iletken maddelerden oluşmaktadır. Yarı iletkenlerin foton ışınımı ile uyarılması sonucu, elektron hareketi başlar. Elektron hareketi elektrik akımı oluşturur ve katmanlar arasında potansiyel fark elde edilir.

Fotovoltaik hücrelerin bir araya getirilmesi ile modüller, modüllerin bir araya getirilmesi ile paneller elde edilir. Fotovoltaik hücrelerde performans, güneş ışığını elektriğe dönüştürme oranı ile ölçülür. Tipik bir ticari FV modülün verimi %16,5 civarındadır. Başka deyişle güneş modülüne gelen her güneş ışımının yaklaşık olarak 1/6'sı elektriğe dönüştürülür. FV hücre tipleri, modül verimlilikleri ve kW başına gereken modül alanı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Şençiçek, 2017:44).

Tablo 1. FV Hücre Tipleri, Verimi ve kW Başına Gereken Modül Alanı

Hücre Tipi Ailesi	Hücre Tipi	Modül Verimliliği (%)	kW Başına Gereken Alan (m <sup>2</sup> )
Kristal Silisyum	Tekli kristal	13-19	7
	Çoklu kristal	11-15	8
İnce Film	Amorf Silisyum	4-8	15
	Kadmiyum Tellurid	10-11	9
	Bakır İndiyum	7-11	10
	Galyum Diselenid		

## 2.2. Isı Üreten Sistemler

Güneş enerjisinden ısı yolla, su ısıtan güneş kolektörleri yardımıyla faydalanılmaktadır. Güneş kolektörleri güneşten gelen enerjiyi toplayıp, çeşitli akışkanlar kullanarak başka bir ortama iletir sistemlerdir. Güneş kolektörleri genel olarak, güneş enerjisini toplama karakteristiklerine (Konuşlandırılmalarına: Sabit ve Güneşi takip eden) ve hangi tip akışkan ile çalıştıklarına göre sınıflandırılabilirler (İlken ve Değirmencioğlu, 2020:1). Güneş kolektörlü sistemler doğal dolaşım ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılırlar.

### 2.2.1 Doğal Dolaşım Sistemler

Kolektör içindeki ısı transfer akışkanının ısınarak yoğunluğunun azalması ve yükselerek kendiliğinden kolektör içinde dolaşması prensibine dayanan sistemlerdir.

Deponun alt seviyesindeki soğuk su kolektörlerde ısıtarak hafifler ve deponun üst seviyesine yükselir. Gün boyu devam eden bu olay sonunda depodaki su ısınmış olur. Bu sistem küçük miktarda su ihtiyaçlarının olduğu yerler için uygun olduğu için Türkiye’de güneş enerjisinden ısı yolla faydalanma en yaygın olarak bu yöntemle sıcak su üretimi ve sera ısıtma şeklindedir (Duran, 2014:19).

### 2.2.2 Pompalı Sistemler

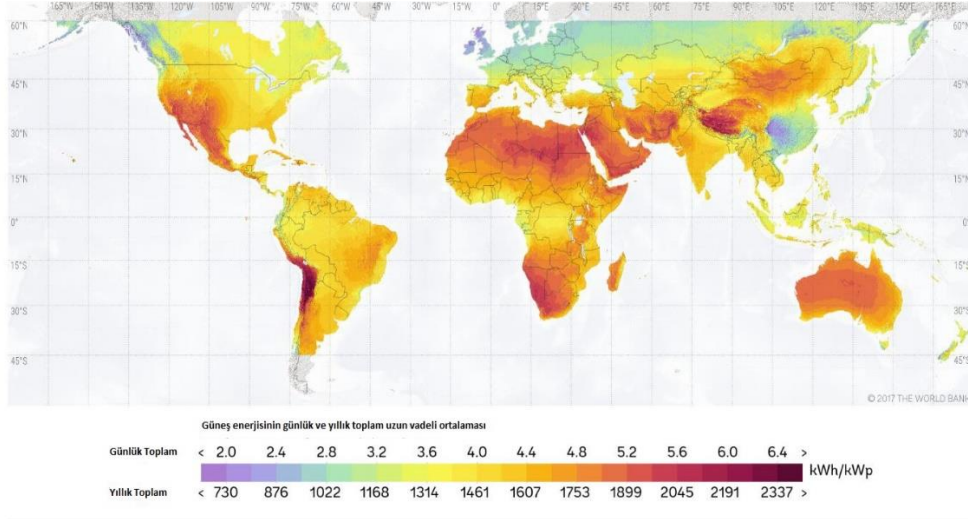
Isı transfer akışkanının sistemde pompa ile dolaştırıldığı, deposunun yukarıda olma zorunluluğu olmayan sistemlerdir. Büyük sistemlerde su hatlarındaki direncin artması sonucu doğal dolaşımın olmaması ve büyük bir deponun yukarıda tutulmasının zorluğu nedeniyle pompa kullanma zorunluluğu doğmuştur (Duran, 2014:19).

## 3. DÜNYADA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI

Güneş sonsuz bir enerji kaynağı olarak kabul edilir ve Dünyada ki kurulu güç güneşten dünyaya gelen gücün çok altındadır. Güneşin, dünya atmosferinin dışındaki enerjisi yaklaşık 1370 W/m<sup>2</sup>’dir [8]. Bu değer yeryüzünün farklı bölgelerinde güneşin geliş açısı, gölgelenme ve güneşe uzaklığına bağlı olarak 0-1100 W/m<sup>2</sup> arasında farklı değerler almaktadır (Karakan vd., 2015:2). Bu enerjinin küçük bir kısmı bile, insanlığın şuan kullanmış olduğu enerji kaynaklarından daha fazladır. Bu kıyasa örnek verecek olursak bir yılda dünya üzerine düşen güneş enerjisi miktarı dünyanın bilinen petrol rezervinin 516, kömür rezervinin 157 katıdır (BAKA, 2011:8).

Güneş ışınlarının yıl içinde en uzun süre ve en iyi açıyla geldiği ekvator bölgesi güneş ışınlarından faydalanılarak elektrik enerjisi üretimi için en ideal bölgedir. Ekvatordan kuzeye ve güneye doğru gidildikçe güneş ışınları dik açıyla gelmeyeceği için bu bölgelerdeki güneş enerjisi daha düşük seviyelerdedir. Güneş ışınların dik ve uzun süre gelmesi sistemin verimini artırmaktadır ancak ışınların dik gelmesi sistem için şart değildir. Güneş enerjisinin dünya üzerindeki dağılımı Şekil 2’de görülmektedir (Çetin vd., 2019:6).

Şekil 2. Dünya Güneş Enerjisi Atlası



Gelecek 100 yılda tükeneceği tahmin edilen petrol, kömür ve gaz gibi fosil kökenli enerji kaynaklarına ve riskleri nedeniyle artık bazı ülkelerde terk edilen nükleer enerjiye dünyada yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi bir güneş enerjisi potansiyeli olması sebebiyle güneş enerjisi çok net bir alternatif olmuştur. Her geçen gün farkına varılarak değerlendirilmek için çalışma yapılacak bu potansiyelin yenilenebilir kaynakların farkına varıldığı 1973 yılı ile 2030 yılı (tahmini) arasındaki değişimi aşağıdaki Tablo 2’de görülmektedir (Kum, 2009:4).

Tablo 2. Enerji Kaynaklarının 1973-2030 Değişimi

Enerji Kaynakları	1973 (%)	2030 Tahmini (%)
Petrol	48,1	30,1
Kömür	28,5	28,8
Gaz	19,6	21,6
Nükleer	1,9	5,3
Hidro	1,8	2,4
Yenilenebilir Kaynaklar	0,1	11,8

Ülkeler yenilenebilir enerjiye yönelimlerini kanunlar ile destekleyerek yapmak istemişlerdir. Aşağıdaki Tablo 3’de kanun çıkarma yoluyla resmi ulusal politika belirleyen ülkeler görülmektedir.

Tablo 3. Yenilenebilir Enerji Konusunda Hukuki Düzenleme Yapan Ülkeler (Kum, 2009:13)

Yıl	Ülke Sayısı	Eklene Ülkeler
1978	1	ABD
1990	2	Almanya
1991	3	İsviçre
1992	4	İtalya
...	...	...
2005	40	Çin Türkiye, Ekvador, İrlanda...
2008	61	Kenya, Filipinler, Polonya, Ukrayna...

Bu tabloda 2005 yılında görülen düzenleme Türkiye’nin 5346 Kanun numaralı, 10/05/2005 tarihli Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanundur.

Dünyada kullanılan fotovoltaik sistemler incelendiğinde bireysel eğik çatı, düz çatı ve cephe sistemleri olarak üç uygulaması bulunabildiği örneklerde bulunmaktadır. Eğik çatı uygulaması verimlilik bakımından en iyi sonucu veren uygulama olduğu anlaşılmaktadır. Binanın konumuna ve çatının durumuna göre uygulanan fotovoltaik sistem çeşidi değişmektedir.

### 3. TÜRKİYEDE GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI

Ülkemiz, matematiksel konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli bakımından Kuzey Avrupa ülkelerine göre potansiyeli yüksek, yengeç ve oğlak dönenceleri arasındaki tropikal kuşak ülkelerine göre potansiyeli düşük bir ülkedir. Tablo 4’de bu potansiyel farkları açıkça görülmektedir.

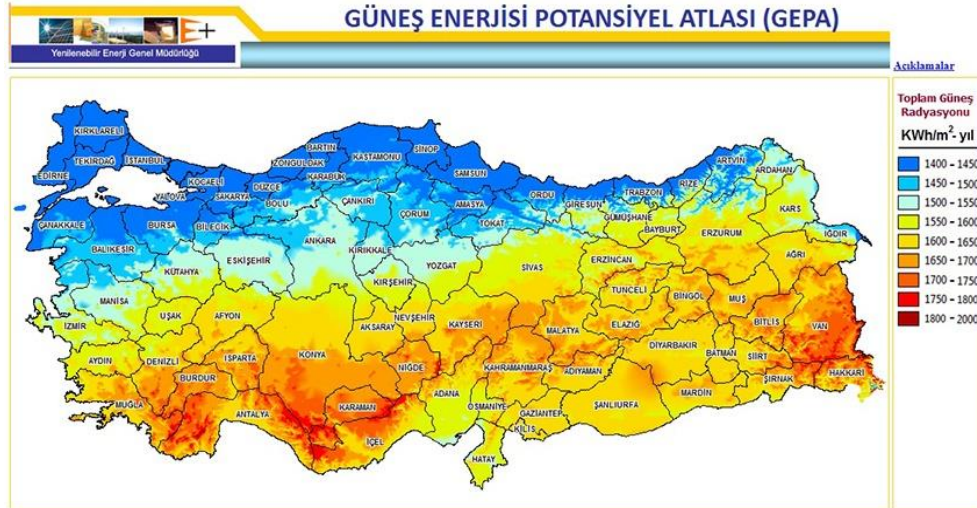
Tablo 4. Bölgelere göre Güneş Enerjisi Miktarı (Aksungur vd., 2020:1)

Bölge	kWh/ m <sup>2</sup>
Kuzey Avrupa	800
Orta Avrupa	1000
<b>(Türkiye)</b>	<b>1527</b>
Akdeniz Bölgesi	1700
Ekvator	2200

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m<sup>2</sup>.yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m<sup>2</sup>.gün) olduğu tespit edilmiştir (Enerji Bakanlığı, 2020). Türkiye, yaklaşık 114 (2741 saat/24 saat) gün boyunca güneş enerjisinden verimli bir şekilde elektrik üretilebilir ve toplamda yıllık birim metre kareden 1100 kWh’lik enerji üretilmesi olasıdır.

Şekil 3’de ki Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasında (GEPA) Türkiye’nin farklı bölgelerinin güneşlenme sürelerine ilişkin veriler görülmektedir.

Şekil 3. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020)



Tablo 5. Türkiye’nin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere göre Dağılımı (BAKA, 2011:19)

BÖLGE	TOPLAM ORTALAMA GÜNEŞ ENERJİSİ	EN ÇOK GÜNEŞ ENERJİSİ (Haziran)	EN AZ GÜNEŞ ENERJİSİ (Aralık)	ORTALAMA GÜNEŞLENME SÜRESİ	EN ÇOK GÜNEŞLENME SÜRESİ (Haziran)	EN AZ GÜNEŞLENME SÜRESİ (Aralık)
	kWh/m <sup>2</sup> -yıl	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	saat/yıl	saat	saat
Güneydoğu And.	1.460	1.980	729	2.993	407	126
Akdeniz	1.390	1.869	476	2.956	360	101
Doğu Anadolu	1.365	1.863	431	2.664	371	96
İç Anadolu	1.314	1.855	412	2.628	381	98
Ege	1.304	1.723	420	2.738	373	165
Marmara	1.168	1.529	345	2.409	351	87
Karadeniz	1.120	1.315	409	1.971	273	82

Şekil 3 ve Tablo 5 incelendiğinde enlem değerleri ve sürekli nemli olması sebebiyle en az ışınım alan bölge Karadeniz (Orta ve Doğu Karadeniz) bölgesidir. Karadeniz bölgesinin bu durumu bağıl nemin (yağış olasılığı) sürekli yüksek olması ve bu durumda güneşten gelen ışınımı ya perdelemesi ya da kırmasıyla açıklanabilir. Bu sebeple Karadeniz bölgesinde herhangi bir GES projesi yoktur ve bireysel olarak güneşten ısıyla faydalanma uygulamaları da çok azdır. Marmara ve Kuzey Ege Bölgesi, Karadeniz’e göre biraz daha iyi olmakla birlikte Güney Ege, Batı Akdeniz ve Orta Anadolu Bölgeleri orta derecede ışınım almaktadır. Ülkemizde Doğu Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri ışınım değerleri diğer bölgelere göre en iyi olan bölgelerimizdir. Sert ve soğuk iklime sahip, rakımı yüksek, havadaki su buharı, yağmur ve kar şeklinde yoğunlaşan atmosferi berrak olan Güney Doğu Bölgesinin sağ en alt ucu (Van-Hakkari dolayları) kışın ışınım değerleri en iyi olan bölgemizdir.

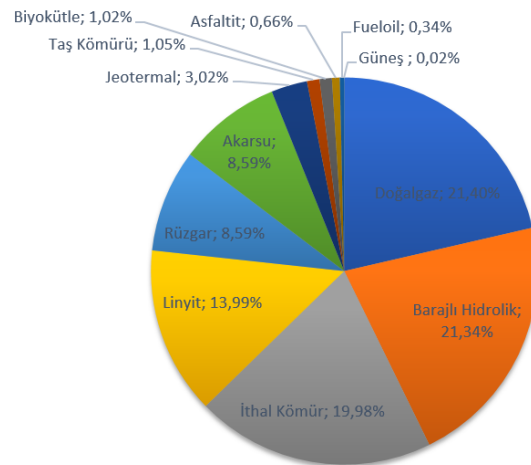
Şekil 4’de yıllık ortalama güneşlenme süresi saat/gün olarak görülmektedir. Türkiye ortalaması 4,18 kWh/m<sup>2</sup> olduğu düşünülürse Şekil 4’den yararlanılarak bölgelerin Türkiye ortalamasına göre kıyaslamaları yapılabilir.

Şekil 4. Türkiye Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi (saat/gün) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020)



Türkiye geneli ve bölgelerimize göre güneş enerjisi verilerini inceledikten sonra aşağıda veriler ışığında güneş enerjisinin tüm enerji kaynaklarındaki payı incelenecektir.

Şekil 5. Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara göre Dağılımı (Çetin vd., 2019:11)



Şekil 5’de görüldüğü üzere ülkemiz yüksek güneş enerjisi potansiyeline rağmen güneş kaynaklı enerji üretimi tüm kaynaklara göre oranı % 0,02 gibi çok düşük bir oranda kalmıştır.

Tablo 6. 2017-2018 Yıllarında Lisanslı Kurulu Gücün Kaynak Bazında Gelişimi (EPDK, 2018)

Kaynak Türü	2017 Değeri (MW)	Pay (%)	2018 Değeri (MW)	Pay (%)	2017-2018 Değişimi (%)
DOĞAL GAZ	26.311,80	32,28	25.731,93	30,93	-2,20
BARAJLI	19.746,05	24,23	20.534,80	24,69	3,99
LİNYİT	9.267,12	11,37	9.597,12	11,54	3,56
İTHAL KÖMÜR	8.936,35	10,96	8.938,85	10,75	0,03
AKARSU	7.509,98	9,21	7.748,90	9,32	3,18
RÜZGAR	6.482,12	7,95	6.942,27	8,35	7,10
JEOTERMAL	1.063,73	1,31	1.282,52	1,54	20,57
FUEL OİL	702,77	0,86	709,21	0,85	0,92
TAŞ KÖMÜR	616,15	0,76	616,15	0,74	0,00
BİYOKÜTLE	439,72	0,54	590,92	0,71	34,39
ASFALTİT KÖMÜR	405,00	0,50	405,00	0,49	0,00
<b>GÜNEŞ</b>	<b>17,90</b>	<b>0,02</b>	<b>81,66</b>	<b>0,10</b>	<b>356,19</b>
NAFTA	4,74	0,01	4,74	0,01	0,00
LNG	1,95	0,00	1,95	0,00	0,00
MOTORİN	1,04	0,00	1,04	0,00	0,00
<b>Genel Toplam</b>	<b>81.506,42</b>	<b>100,00</b>	<b>83.187,05</b>	<b>100,00</b>	<b>2,06</b>

Tablo 6 incelendiğinde sadece 2017-2018 yıllarında güneş enerjisinin tüm kaynaklara göre oranı % 0,02 (17,9 MW)'den %10'a (81,66 MW) çıkmıştır ve değişim % 356,19 olmuştur.

Tablo 7. Türkiye deki Enerji Üretim Santrallerin Kurulu Güçleri (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019)

KAYNAK	KURULU GÜÇ (MW)	ORAN(%)
TERMİK	46.786,31	51,75
HES	28.437,09	31,46
RES	7.270,03	8,04
<b>GES</b>	<b>5.528,11</b>	<b>6,11</b>
BİYOKÜTLE+JEOTERMAL	2.381,90	2,63
TOPLAM	90.403	

#### 4. SONUÇ

Türkiye matematiksel konumu itibariyle ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşların teknik çalışmalarıyla teyit ettiği önemli bir güneş enerjisi potansiyeline sahip bir ülke olmasına karşın aynı zamanda fosil yakıtlar olan kömür ve doğalgazdan enerji üretmeye devam ederek enerji güvenliğini ithalata bağımlı halde sağlamaya çalışan bir ülkedir. Bu bakımdan yenilenebilir enerji tüm ülkeler gibi ülkemizin de enerji ihtiyacını kendi kendine karşılamada son derece önemli bir role sahiptir.

Almanya güneş enerjisinden yararlanma konusunda ülkemizin de örnek alması gereken bir yol izleyerek enerji güvenliğini sağlayan ülkelerin başını çekmektedir. Peki Almanya sahip olduğu enlem değerleri nedeniyle ülkemizden %60 daha az güneş ışınımı almasına, güneşlenme süresi yıllık toplam 1600 saat (Türkiye 2741 saat) olmasına ve ortalama sıcaklığı 10,5 C° olmasına rağmen güneş enerjisi kullanımında nasıl başarılı olmuştur?

Almanya fosil yakıtlardan enerji üretirken yakıtın fiyatındaki dalgalanmalardan nasıl etkileneceğini hesaplamış ve yenilenebilir enerjiye yönelmiştir. Yenilenebilir enerjiyi geliştirmek için çok ciddi çaba sarf etmiş, teşvikler vermiş ve enstitüler kurmuştur. Devlet olarak güneş enerjisinden üretilen elektriği piyasa fiyatlarına göre

daha pahalıya alarak bu alana teşvikçi olmuştur. Ayrıca bireylerin kendi elektriğini üretmesinin önünü açan düzenlemeler hayata geçirmiştir.

Ülkemiz de bir an önce enerji kaynaklarını çeşitlendirme zorunluluğunu da göz önüne alarak güneş enerjisinden enerji üretimine gereken önemi vermeli ve bu potansiyeli ekonomisine kazandırmalıdır.

### **KAYNAKÇA**

- Aksungur vd., 2020:1. “Türkiye’nin Farklı Bölgelerindeki Güneş Işınım Verilerinin Analizi ve Değerlendirilmesi” Kıvılcım Merve AKSUNGUR, Mehmet KURBAN, Ümmühan BAŞARAN FİLİK
- BAKA, 2011:8. “Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı Güneş Enerjisi Sektörü Raporu”
- Çetin vd., 2019:6. “Türkiye’nin Güneş Enerjisi Politikaları” Araştırma Makalesi Sefa ÇETİN, Erol TURAN, Ergin BAYRAKDAR
- Duran, 2014:19. “PV/T Hibrit Sistemlerin Termodinamik ve Performans Analizi” Yüksek Lisans Tezi Fatih DURAN
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019. “Türkiye Elektrik Yatırımları 2019 yılı Ağustos Ayı Özet Raporu”
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020. “Güneş Enerjisi” <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>, 06.05.2020.
- EPDK, 2018 “Elektrik Piyasası 2018 yılı Piyasa Gelişim Raporu”
- Fotovoltaik Sistemler, 2020. “Dünyadaki ve Türkiye Güneş Enerjisinin Gelişimi – Fotovoltaik Sistemler” <https://www.myenerjisolar.com/dunyadaki-ve-turkiye-gunes-enerjisinin-gelisimi-fotovoltaik-fv-sistemler>, 04.05.2020.
- Güneş Sistemleri, 2020. “Güneş Enerjisi Kullanımının Tarihsel Gelişimi ve Türkiye’deki Yeri” <http://www.gunessistemleri.com/tarihsel.php>, 04.05.2020.
- İlken ve Değirmencioğlu, 2020:1. “Havalı Güneş Kollektörleri Üzerine Bir Literatür Araştırması ve Temel İlkeler” Prof. Dr. Zafer İLKEN, Can DEĞİRMENCİOĞLU

- Karakan vd., 2015:2. “Dünya’da ve Türkiye’de Binalarda Kullanılan Yenilenebilir Enerji (Güneş ve Rüzgar) Sistemlerin İncelenmesi” Abdil KARAKAN, Yüksel OĞUZ, Riyad ŞİHAB
- Kum, 2009:4. “Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar” Hakan KUM
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020. “Türkiye’nin Ortalama Güneşlenme Süresi” <https://www.mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx>, 07.05.2020
- Öztürk, 2020:2. “Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi ve Etkili Etmenler” H. Hüseyin ÖZTÜRK
- Şençiçek, 2017:44. “Yüzer ve Arazi Kurulumu Fotovoltaik Sistemlerin Teknik ve Ekonomik Açıdan İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi Hakan ŞENÇİÇEK
- Vikipedi, 2020. “1973 Petrol Krizi” [https://tr.wikipedia.org/wiki/1973\\_Petrol\\_Krizi](https://tr.wikipedia.org/wiki/1973_Petrol_Krizi), 04.05.2020.

# VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ PİLOT SÜT FABRİKASI ATIKSULARININ FARKLI KOAGÜLANT KULLANILARAK ÖN ARITIMI

**Dr. Öğr. Üyesi Tuba BAYRAM**

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ÖZGÜVEN**

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

**ÖZET:** Ülkemizde, hızlı nüfus artışına bağlı olarak ortaya çıkan süt ve süt ürünleri ihtiyacının karşılanması için küçük ve orta ölçekli birçok mandıra kurulmuştur. İşletme sayısına bağlı olarak, süt, yoğurt, ayran vb. yan ürünlerin üretiminin artmasıyla beraber bu tesislerden kaynaklanan çevre kirliliği ve özellikle de su kaynaklarının kirlenmesi riski artmıştır. Süt ve süt ürünleri endüstrisi atıksularının arıtılması amacıyla dünyanın çeşitli ülkelerinde birbirinden oldukça farklı sistemler geliştirilmiştir. Bunların arasında biyolojik arıtma, kimyasal arıtma, arazide arıtma ve membran arıtma teknolojileri sıralanabilir. Türkiye'de süt ve süt ürünleri endüstrisi atıksuların kimyasal arıtılabilirliğine ilişkin yürütülmüş çok sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi pilot süt fabrikasından alınan numunelerle deneyler yapılmıştır. Öncelikle endüstriden kaynaklanan atıksuyu karakterize edecek tüm parametrelere bakılmıştır. Kimyasal arıtılabilirlik jar testi deneyleriyle incelenmiştir. Koagülant olarak demir sülfat, alum ve kil kullanılmıştır. Her üç koagülant için en uygun pH değerleri belirlenmiştir. Bu değerlerin belirlenebilmesi için KOİ giderme verimleri esas alınmıştır. Deneyler sonunda pH 7 değerinde 1g/L montmorillonit kullanıldığında %93 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Kimyasal arıtmayla elde edilen KOİ giderme veriminin kanala deşarj kriterlerini sağlamak için yeterli olup olmadığı kanala deşarj limitleri esas alınarak incelenmiştir. Yapılan kimyasal arıtım deneylerinin sonunda montmorillonitin ön arıtım amacıyla koagülant olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Su kirliliği, süt endüstrisi, süt endüstrisi atıksuyu, ön arıtım, montmorillonit.

## **Wastewater Pre-Treatment of Van Yüzüncü Yıl University's Pilot Dairy Factory Using Different Coagulant**

**ABSTRACT:** Many small and medium-sized dairy farms have been established in Turkey to meet the milk and dairy needs that increase due to rapid

population growth. Depending on the number of establishments, the increase in the production of by-products such as milk, yogurt, and buttermilk has increased the risk of environmental pollution from these facilities and especially the pollution of water resources. Quite different systems have been developed in various countries of the world to treat wastewater from the dairy industry. Among these, biological treatment, chemical treatment, field treatment, and membrane treatment technologies can be listed. There are not many studies conducted in Türkiye on the chemical treatability of the wastewater in the dairy industry. In this study, experiments were carried out with samples taken from Van Yüzüncü Yıl University's pilot dairy factory. Primarily, all parameters that will characterize the wastewater originating from the industry were examined. Chemical treatability was examined by jar test experiments. Iron sulfate, alum, and clay were used as coagulants. The optimum pH values were determined for all three coagulants. To determine these values, COD removal efficiencies were taken as the basis. At the end of the experiments, 93% COD removal efficiency was obtained when 1g / L montmorillonite at pH 7 was used. Whether the COD removal efficiency obtained by chemical treatment is sufficient to meet the discharge criteria for the canal was examined based on the discharge limits of the canal. At the end of the chemical treatment experiments, it was determined that montmorillonite can be used as a coagulant for pretreatment.

**Keywords:** Water pollution,dairy industry,dairy industry wastewater, pre-treatment,montmorillonite.

## 1. GİRİŞ

Süt endüstrisi, ham sütü işleyerek içme sütü ve diğer yan ürünleri üreten bir gıda endüstrisi koludur. Endüstrinin ham madde kaynağı, sabit verime sahip süt üretim tesisleridir. Bu nedenle Türkiye’de besiciliğin yaygın olduğu bölgelerde süt endüstrileri de yaygınlaşmıştır (Kılıç, 2006). Ülkemizde işletme sayısına bağlı olarak, süt, yoğurt, ayran vb. yan ürünlerin üretiminin artmasıyla beraber bu tesislerden kaynaklanan çevre kirliliği ve özellikle de su kaynaklarının kirlenmesi riski artmıştır.

Süt ve süt ürünlerinin işlenmesinden ortaya çıkan atıksular; içerdiği aminosit, protein, karbonhidrat ve yağlara bağlı olarak yüksek miktarda KOI, yağ-gres, azot ve fosfor içermektedir. Ayrıca proseslerin ve tesisin yıkanmasında kullanılan deterjanlar vb. maddeler atıksu içerisinde bulunmaktadır. Bu yüzden süt ve süt ürünleri endüstrisi atıksuları yüksek miktarda organik kirlilik içermektedir.Süt ve süt ürünleri endüstrisi atıksularının arıtılması amacıyla dünyanın çeşitli ülkelerinde birbirinden oldukça farklı sistemler geliştirilmiştir. Kimyasal arıtma da bu sistemlerden biridir.

Kimyasal maddelerle desteklenen arıtma yöntemleri (koagülasyon-flokülasyon, oksidasyon- redüksiyon, flotasyon, vb.) su ve atıksu arıtımında organik madde,

katı madde, bulanıklık, ağır metal, renk giderimi vb. amaçlarla başarıyla uygulanmaktadır (Golob et al. 2005). Arıtma verimi giderilecek parametre, kullanılan kimyasal madde, alıkonma süresi, karışım şiddeti gibi faktörlerden etkilenmekte; oluşan çamur miktarı kimyasal madde türüne göre az veya çok olabilmektedir (Tchobanoglous and Burton 1991).

Bu çalışmada Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi pilot süt fabrikasından alınan numunelerle deneyler yapılmıştır. Öncelikle endüstriden kaynaklanan atıksuyu karakterize edecek tüm parametrelere bakılmıştır. Kimyasal arıtılabilirlik jar testi deneyleriyle incelenmiştir. Koagülant olarak demir sülfat, alum ve kil kullanılmıştır. Her üç koagülant için en uygun pH değerleri belirlenmiştir. Bu değerlerin belirlenebilmesi için KOİ giderme verimleri esas alınmıştır.

Tesiste yoğurt, ayran ve krema gibi ürünler üretilmektedir. Tesiste yaklaşık 6060 kg/gün süt ve süt ürünleri üretilmektedir. Günlük olarak tesis içi asit ve baz (NaOH) çözeltileri ile, fayanslar da deterjanlarla temizlenmektedir. Tesisten çıkan atıksu (süt güğümleri, depolama tankları, pastörizatörler, krema seperatörü, homojenizatör ve soğutma sistemleri başta olmak üzere şişeleme ünitesindeki aletler ve diğer aletlerin yıkanması dahil) miktarı günlük 0,6696 m<sup>3</sup>atıksu/ton oluşmaktadır. Oluşan atıksu direkt olarak kanalizasyon şebekesine verilmektedir. Ancak kaba atıklar ızgara sistemi ile tutulmaktadır.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada kullanılan bütün kimyasal maddeler ticari olarak (Merck ve Sigma Kalitesinde) temin edilmiştir. Çalışmada KOİ analizi Standart Metotlarda ifade edilen yöntemlere göre yapılmıştır. Atıksuyun anlık BOİ değerlerini bulmak amacıyla ApplitekRa- COMBO lab (Lab Analyzer for Toxicity and BOD) marka atıksu respirometresi kullanılmıştır. Mikroorganizma konsantrasyonunun ölçümleri spektrofotometrik olarak Spekol 1100 (Carl Zeiss Technology) marka spektrofotometrede yapılmıştır. pH ve sıcaklık elektrometrik metoda göre WTW markamultilineP4model-çoklu parametreölçer cihazı yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir. Fosfat analizi amonyum vanadomolibdat kullanılarak spektrofotometrede 400 nm dalga boyunda absorbans ölçülmesi neticesinde tayin edilmiştir. Toplam azot ölçümleri Teldyne-Tekmar Apollo 9000 TOC-TN analiz cihazı kullanılarak yapılmıştır.

### 2.1. Atıksu

Çalışmada kullanılan süt, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, pilot süt işleme fabrikasından temin edilmiştir.

### 2.2. Kullanılan Kil ve Özellikleri

Bu çalışmada, koagülant olarak doğal kil kullanılmıştır. Mineral, öncelikle doğal olarak kurutulduktan sonra 110<sup>0</sup>C’de etüvde 4 saat kurutma işlemine tabi tutulmuş, daha sonra öğütülmüş ve ASTM standart elekler kullanılarak elenmiştir. Reaktöre ilave edilen kil konsantrasyonu 1 g/L olup, çalışma boyunca bu konsantrasyon sabit tutulmuştur.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### 3.1. Pilot Tesisten Alınan Atıksuyun Karakterizasyonu

Çalışmada arıtma verimi, KOİ parametresi dikkate alınarak belirlenmiştir. Arıtma sonucu elde edilen değerler yönetmelikte olan kanala deşarj standartları karşılaştırılarak arıtma veriminin yeterli olup olmadığına karar verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Pilot tesisten alınan atıksuyun karakterizasyonu

Parametre	Konsantrasyon (mg/L)
TKOİ	9670
ÇKOİ	4225
PKOİ	5445
BOİ	4200
TKM	8400
AKM	4050
pH	6,2
TN	52
TP	25
TOK	840

Yüzüncü Yıl Üniversitesi pilot süt fabrikasından alınan atıksuyunun karakterizasyonu yapılmış ve ortalama değerleri çizelge 3.1’de belirtilmiştir.

### 3.2. Deneysel Sistem

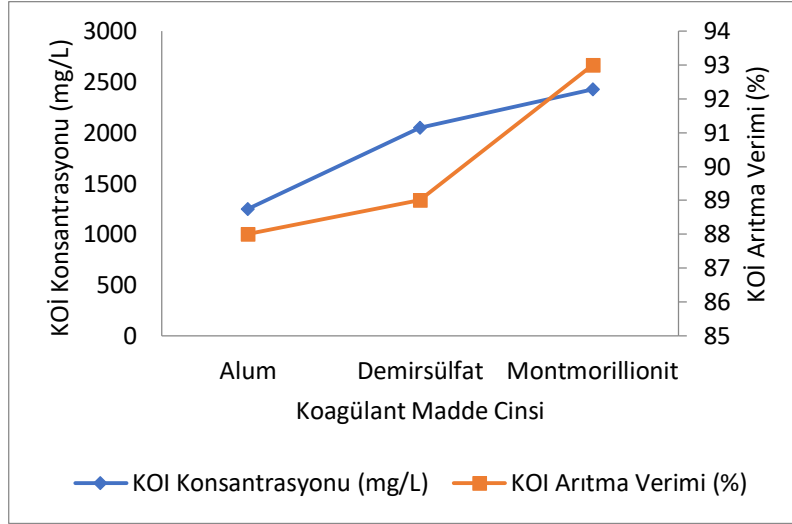
Çalışma sırasında pilot tesisten alınan atıksu jar testine tabi tutulmadan önce KOİ analizi yapılmıştır ve ham atıksuyun KOİ değeri 4225-9670 mg/L arasında değişiklik göstermiştir. Optimum koagülant miktarı belirlenerek, alum, demir sülfat ve montmorillonit kullanılarak arıtma verimi incelenmiştir. 800 mL hacmindeki 3 beherin içine 500 mL atıksu konulmuş ve seçilen koagülantlar atıksuya dozlanmıştır. Deneyler sırasında 100 rpm’de 5 dakika hızlı karıştırma, 20 rpm’de 15 dakika yavaş karıştırma ve 30 dakika çöktürme işlemleri uygulanmıştır (Ekdal 2000). Çöktürme sonunda alum ilavesi ile yapılan çöktürmede %88, demir sülfat ilavesi ile yapılan çöktürme işleminde ise %89 KOİ giderim verimi, montmorillonit için de %93 KOİ giderim verimi sağlanmıştır.

**Çizelge 3.2.** Koagülasyon ve Flokülasyon Deneylerinde Kullanılan Parametreler

Parametreler	Parametre aralığı
pH	4,5,7,9
Koagülant cinsi	Alum,demirsülfat,montmorillonit
Koagülant dozu (g/L)	0,25 -0,5 – 1- 2

### 3.3. Aynı Şartlarda Uygun Koagülant Cinsinin Belirlenmesi

Bu çalışmada deneysel çalışmalar boyunca, ön arıtmadan geçirilen atıksuyun KOİ analizi yapılmıştır. Jar testine tabi tutulan atıksuyun KOİ değeri ortalama 2000 mg/L’nin altında bulunmuştur. Jar testi deneyinde uygun koagülant cinsini belirlemek için montmorillonit, alum ve demir sülfat koagülant olarak kullanılmıştır.

**Şekil 3.1.** Farklı koagülant madde ile KOİ arıtma verimi

### 3.4. Uygun pH Aralığının Belirlenmesi

Atıksuyun kimyasal arıtımında pH değişiminin etkisini araştırmak için 0,5-1-2 g/L koagülant kullanılarak pH 4, 5,7 ve 9 değerlerinde deneyler yapılmıştır.

**Çizelge 3.3.**Çalışmada Montmorillonit ile yürütülen deneylerde elde edilen KOİ giderim verimleri

KOİ Giderme Verimi, %				
Koagülant miktarı	pH=4	pH=5	pH=7	pH=9
0,5 g/L	78	77	80	79
1 g/L	187	87	93	82
2 g/L	80	82	86	84

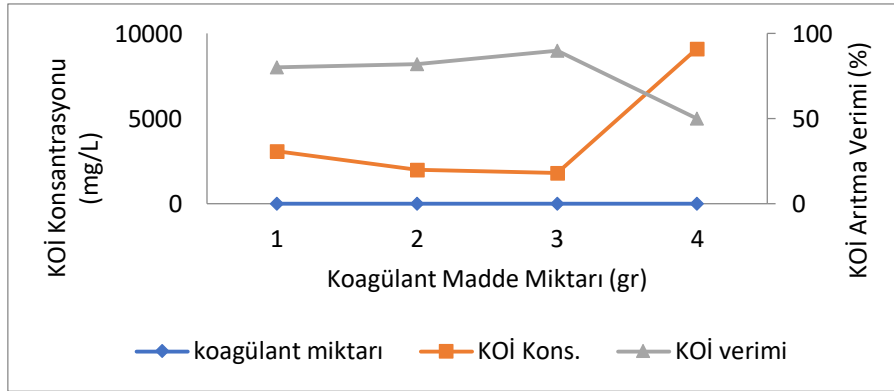
3 koagülant kullanılarak yapılan jar testi deneyinde pH 7 değerinde 1 g/L montmorillonit kullanıldığında en yüksek KOİ giderme verimi elde edilmiştir(Blanc and Navia 1990).Elde edilen KOİ giderim verimleri sonucunda 1g/L montmorillonit

kullanıldığında, optimum pH aralığında montmorillonitin demir sülfat ve alümina göre KOİ giderim veriminin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

### 3.5. Aynı Şartlarda Uygun Koagülant Dozunun Belirlenmesi

En iyi pH aralığında uygun koagülant cinsi belirlendikten sonra optimum koagülant dozajının tespiti için 0,25 gr/L, 0,5 gr/L, 1 gr/L, 2 gr/L montmorillonit ile kimyasal arıtılabilirlik deneyleri yürütülmüştür.

Şekil 3.2. Farklı koagülant madde ile KOİ arıtma verimi



Çalışmada en düşük koagülant miktarında %82 KOİ giderme verimi, 2gr/L dozajında ise %50 KOİ giderme verimi elde edildiği Şekil 3.2’de görülmektedir.

Kil minerallerinin atıksu arıtımında kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada kaolinit kullanılarak kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır. Optimum doz belirlenerek; alümin, kireç ve demir üç klorür gibi kimyasallar kullanılarak arıtma verimi incelenmiştir. Endüstriyel atıksu ile yapılan denemelerde koagülant olarak kaolinit kullanılması halinde en yüksek arıtma verimine ulaşılmıştır. 240 rpm’de 1 dakika, 24 rpm’de 45 dakika yavaş karıştırıldıktan sonra 45 dakika atıksu bekletilmiştir. Maksimum KOİ giderim verimi 1000 mg/L kaolinit kullanıldığında elde edilmiştir. Atıksuyun başlangıç KOİ değeri 41575 mg/L iken arıtım sonunda bu değer 1497 mg/L değerine düşmüş ve verim %96 bulunmuştur. Yağ-gres %91 oranında sudan uzaklaştırılabilmiştir. Kaolinitin kullanıldığında en yüksek verimin elde edilmesinin nedeni elektriksel çift tabakanın sıkıştırılmak suretiyle tanecik destabilizasyonunun sağlanması ile yük nötralizasyonunun sağlandığı şeklinde yorumlanmıştır (Dölgen ve ark, 2008).

**Çizelge 3.4.** Jar testine tabi tutulan atıksuyun karakterizasyonu

Deneme No	KOİ (mg/L)	AKM (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	pH
1	1080	440	58	29	7,1

\*Pilot süt fabrikasından 1 kez alınan atıksuyunun jar testine tabi tutulduktan sonraki ortalama değerleri

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada süt fabrikası atıksularının ön arıtımı gerçekleştirilmiştir. Koagülant olarak demir sülfat, alum ve kil kullanılmıştır. Her üç koagülant için optimum pH değerleri belirlenmiştir. Bu değerlerin belirlenebilmesi için KOİ giderme verimleri esas alınmıştır. Kimyasal arıtmayla elde edilen KOİ giderme veriminin kanala deşarj kriterlerini sağlamak için yeterli olup olmadığı kanala deşarj limitleri esas alınarak incelenmiştir.

3 farklı koagülantın arıtma verimlerinin birbiri ile kıyaslanabilmesi için 1 g/L kullanılan koagülantlarla farklı pH'larda kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yürütülmüş ve KOİ giderme verimleri incelenmiştir. Yapılan jar testi denemelerinde en iyi pH aralığında optimum koagülant cinsi (montmorillonit) belirlendikten sonra optimum koagülant dozu belirlenmiştir. Montmorillonit ile yapılan denemelerde 1g/L'lik doz eşliğinde ise pH 7 değerinde KOİ giderim yüzdesi %93 bulunmuştur.

#### KAYNAKLAR

- Blanc, F. and Navia, R., 1990. Treatment of dairy wastewater by chemical coagulation, Proceedings of the 45th Industrial Waste Conference, Purdue University, USA, 1990, 681-689.
- Dölgen D., Haşçakır B., Kil minerallerinin atık su arıtımında kullanılabilirliği: kaolinit ile organik madde giderimi, Ekoloji, 17,66,47-54,2008.
- Ekdal A., "Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisi Atıksularının Kimyasal Arıtılabilirliği", SKKD, Cilt 10, sayı 3 sh.7-16, 2000.

- Golob V, Vinder A, Simonic M (2005) Efficiency of the coagulation-flocculation method for the treatment of dyebath effluents. *Dyes and Pigments* 67, 93-97.
- Kılıç A., “Süt endüstrisi atıksularının arıtımında ardışık kesikli reaktör (sbr)'de hareketli biofilm uygulaması”, Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- Tchobanoglous G, Burton FL (1991) *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill, Inc., New York.



# COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA TAŞINMAZ DEĞERLEMESİ: KINALI-TEKİRDAĞ- ÇANAKKALE-SAVAŞTEPE OTOYOLU MALKARA- ÇANAKKALE KESİMİ (ÇANAKKALE 1915 KÖPRÜSÜ DAHİL) ÖRNEĞİ

**Tuğçe PİŞKİN**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**R. Cüneyt ERENOĞLU**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**ÖZET:** Ülkemizde son yıllarda yol yapım çalışmaları başta olmak üzere artan kamu yatırımları nedeniyle kamulaştırma işlemlerinde artış görülmektedir. Kamulaştırma işlemlerinin artmasıyla birlikte taşınmaz değerlendirme çalışmalarında da artış söz konusudur. Taşınmaz değerlendirme işlemlerinin hızlı ve objektif olması beklenmekte ancak bazı uygulamalarda hem zamansal hem de uygulanan metodlar nedeniyle birçok anlaşmazlıklarla karşılaşmaktadır. Karşılaşılan anlaşmazlıklar mahkeme boyutuna taşınıp süreç yıllarca sürebilmektedir. Bu çalışmada, günümüz teknolojisi ile birlikte anlaşmazlıkları minimum seviyeye indirmek, objektif sonuçlara varabilmek adına Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) araç olarak kullanılmıştır. Kınalı-Tekirdağ-Çanakkale-Savaştepe Otoyol projesi Malkara-Çanakkale kesimi (1915 Çanakkale Köprüsü dahil) kapsamında Çanakkale İli, Lapseki İlçesi, sınırları içinde 57 adet parselin değerlendirilmesi uygulama için seçilmiştir. 49 adet özel mülke ait şahıs parseli, 4 adet tüzel kişiliklere ait parsel, 1 adet maliye hazinesine ait parsel ve 3 adet orman parseli olduğu tespit edilmiştir. Güzergah üzerindeki parseller çevre düzeni planında tarım alanında kalmaktadır. Belirlenen çalışma alanında; parsel şekli, yola cephesi, baki, ana ulaşım akslarına olan uzaklığı, toprak yapısı ve eğim parametreleri dikkate alınarak bir model geliştirilmiş buna bağlı olarak parsellere etki eden faktörler Analitik Hiyerarşi Sürecine (AHS) dahil edilip ağırlıklandırılmıştır. Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, CBS'nin değerlendirme sürecine katkısı irdelenmiş ve nominal değerlendirme yöntemiyle taşınmaz değer haritaları üretilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi Bilgi Sistemi, Tarım Arazisi, Taşınmaz Değerleme, Analitik Hiyerarşi Süreci, Nominal Değerleme,

**Real Estate Valuation with the Help of Geographic Information Systems: A Sample of Malkara-Çanakkale Section (Including the Çanakkale 1915 Bridge ) from Kınalı-Tekirdağ-Çanakkale-Savaştepe Highway**

**ABSTRACT:** In our country, there has been an increase in expropriation transactions due to increasing public investments, especially road construction works. With the increase in expropriation procedures, there is an increase in real estate valuation studies. Real estate valuation procedures are expected to be fast and objective, but in some applications many conflicts are encountered due to both temporal and applied methods. The disputes that are encountered are carried to the court size and the process can last for years. With today's technology, Geographic Information System (GIS) has been used as a tool in order to minimize conflicts and achieve objective results. In this study, the Kınalı-Tekirdağ-Çanakkale-Savaştepe Highway project Malkara-Çanakkale section (including the 1915 Çanakkale Bridge) was selected for the valuation application of 57 parcels within the borders of Çanakkale Province, Lapseki District. It has been determined that there are 49 individual parcels, 4 parcels of legal entities, 1 parcel of financial treasury and 3 forest parcels. The parcels on the route remain in the agricultural land in the environmental plan. In the specified study area; a model has been developed by taking into account the parcel shape, road front, aspect, distance to the main transportation axes, soil structure and slope parameters, the weights of factors affecting the parcels were included in the Analytical Hierarchy Process (AHP). As a result of the work carried out, the contribution of GIS to the valuation process was examined and real estate value maps were produced with the nominal valuation method.

**Keywords:** Geographic Information System, Agricultural Land, Real Estate Valuation, Analytical Hierarchy Process, Nominal Valuation

## **1.TAŞINMAZ DEĞERLEME VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ**

Taşınmaz değerlemesi; bir taşınmaza ait değer o taşınmaza bağlı hak ve faydaların değerlemenin yapılacağı tarihteki olası değerinin nesnel ve objektif olarak takdir edilmesi işlemidir (Erdem, 2018:159). Taşınmaz değerlerinin objektif, doğru ve güvenilir şekilde belirlenmesi; taşınmaz maliklerini, alıcı ve satıcıları etkilediği kadar toplum ekonomisine de etki etmesi bakımından büyük önem taşımaktadır (Timur, 2019:19). Bu kapsamda taşınmaz değerlemenin toplum etkisi göze alınarak artan kamu yatırımları ve yol yapım çalışmaları nedeniyle kamulaştırma uygulamalarının çoğalmasıyla taşınmaz değerlendirme işlemlerinin doğru, tarafsız ve hızlı olması beklenmektedir. Taşınmaz değerlemeye vergilendirme, kamulaştırma, özelleştirme,

toprak düzenleme uygulamaları, tescile esas ve irtifak hakkı tesis gibi kamusal uygulamalar yanında bankacılık, sigortacılık gibi özel sektörlerde oldukça fazla ihtiyaç duyulmaktadır (Erdem,2018:160).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), konumsal işlemlerle elde edilen harita ve tanımsal verilerin toplaması, depolanması, değerlendirilmesi ve kullanıcıya ulaşması işlemlerini bir bütün halinde yürütebilme olanağı sağlayan bir sistemdir (Yomralıoğlu,2015). CBS istenilen veriye kolay, hızlı bir şekilde ulaşmamızı sağlamakla birlikte birden fazla bilgi ağını çözümlerken verilerin birbirleriyle olan ilişkilerin analizinde avantaj sağlamaktadır. CBS araç olarak kullanılarak taşınmaz değer haritaları üretilebilmektedir. CBS ile oluşturulan taşınmaz değer haritaları ile taşınmazlara ait güncel verilerin saklanması, metrekaşe birim fiyatlarının belirlenmesi, istenilen zaman diliminde hızlı, güvenilir sonuçlara varmak mümkündür. Klasik değerlendirme yöntemlerinin yanı sıra gelişen teknolojiyle birlikte analitik düşünce yöntemiyle oluşturulan gelişmiş yöntemlerin kullanılması oldukça artmıştır. Gelişmiş yöntem olarak, AHS ve CBS'nin birbirleriyle entegrasyonu sağlanarak konumsal analiz sonucunda taşınmazlara ait değer haritaları üretilmiştir.

Taşınmaz değerlendirilmesi ve CBS alanında yapılan literatür araştırmaları esnasında birçok çalışma olduğu görülmektedir. Bahar (2007), mevcut mevzuatlar göz önüne alınarak taşınmaz değerlemeyi ve değerlendirme uygulamalarında CBS'nin sağladığı olanakları incelemiştir. Işıklı (2019), taşınmaz değerlendirilmesi kavramıyla CBS'nin taşınmaz değerlendirilmesi üzerindeki etkileri ile Dünya'da CBS'nin kullanımı ve Türkiye'de uygulanması sonucunda çıkan sonuçları araştırmıştır. Döner (2010), ESRI yazılımlarını kullanarak mobil CBS destekli taşınmaz değer haritası oluşturmuş ve taşınmaz değerlendirme sektörüne veritabanı yapısına yönelik çözüm önerisi sunmuştur. Ünel ve Yalpır (2014), AHP yöntemleriyle elde edilen ağırlıklarla CBS'yi entegre ederek konumsal, yasal ve fiziksel durumunu değerlendirmişlerdir. Timur (2019), CBS'yi kullanarak raster tabanlı taşınmaz değer haritası üretmiştir. Bu çalışma kapsamında Çanakkale İlinde yapıım çalışmaları devam eden Çanakkale 1915 köprü ve otoyol çalışması kapsamında kamulaştırma sınırları içerisinde seçilen parsellere ait CBS'nin AHS ile entegrasyonu sağlanarak taşınmaz değer haritaları üretilmesidir.

## 2. YÖNTEM

Taşınmaz değer haritaları oluşturulması hakkında birden fazla uygulama yapıldığı görülmektedir. Çalışma kapsamında yol yapıım çalışmaları devam eden Kınıalı-Tekirdağ-Çanakkale-Savaştepe Otoyol projesi Malkara-Çanakkale kesimi (1915

Çanakkale Köprüsü dahil) güzergahından bir kesit Çanakkale İli, Lapseki İlçesi, Gazisüleymanpaşa mahallesi, Kemiklialan, Suluca, Gökköy ve Umurbey köy sınırlarında yer alan parsellerin CBS destekli değer haritaları üretilmesi amaçlanmıştır. CBS ile minimum zaman aralığında, objektif değer haritaları üretilmesi amacıyla aşamalar; öncelikle taşınmazların değerini doğrudan etkileyen faktörlerin tespitidir. Tespit edilen her bir faktör için AHS'ye uygun anket çalışması yapılarak, anket çalışmalarının yine AHS'ye göre analiz edilip faktörlerin ağırlıklarının hesaplanmasıdır. Hesaplanan faktör ağırlıkları kullanılarak Nominal değerlendirme yöntemine göre taşınmaz değer haritası üretilmektedir.

### 2.1. Taşınmazların Değerine Etki Eden Faktörler

Bir taşınmazın mutlak değerinin tespiti mümkün değildir. Her taşınmaz konumsal, fiziki ve çevresel kavramlar nedeniyle birbirinden farklıdır ve bu kavramlar kişiden kişiye değişebilmektedir. Taşınmazın değerinin belirlenebilmesi için öncelikle bu değişken özelliklere ilişkin taşınmazın değerine etki eden faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir (Özcan, 2019).

Çalışmada değerlendirmeye alınan faktörler, çalışma alanının konumu ve coğrafi özellikleri göze alınarak; parsel şekli, toprak yapısı (verim), yola cephesi olması, baki, ana ulaşım akslarına olan uzaklık ve eğim (topoğrafya) olarak altı başlık altında hiyerarşik model oluşturularak değerlendirilmeye alınmıştır.

### 2.2. Analitik Hiyerarşi Süreci

AHS, karar verme hiyerarşisinin çözümlenmesi aşamasında kullanılan, kararı etkileyen faktörler açısından karar faktörlerinin yüzdeler halinde dağıtılmasını sağlayan bir karar verme ve tahminleme metodudur (Özer,2010).AHS faktörlerin birbirlerine göre önem derecelerinin karşılıklı kıyaslanarak karar verilmesi temeline dayanmaktadır. Faktörler arasında meydana gelen uyum oranı önemli bir rol üstlenmektedir.AHS'de hiyerarşik modeli oluşacak faktörlerin gerekli araştırmalar sonucunda elde edilen bulgulara uygun bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenen faktörlerin önem derecelerinin tespiti amacıyla her bir faktör kendi arasında ikili karşılaştırma matrisi  $F = [F_{ij}]_{n \times n}$  oluşturulur. Karşılaştırılan faktörlerden ikinci faktör ilk faktöre göre üstün olduğu düşünülüyorsa matris bu ifadeye göre  $F = \begin{bmatrix} 1 \\ F_{ij} \end{bmatrix}_{n \times n}$  olarak düzenlenir.

Faktörlerin puanlaması Saaty (1980)'nin oluşturduğu faktörler arası göreceli önem ölçęi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1: Saaty, 1980 İkili Karşılaştırma Ölçeği ve Açıklamaları**

Önem Derecesi	Değer Tanımı	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki faktör aynı derecede önemlidir.
3	Biraz daha fazla önemli	Bir faktör diğerine göre biraz daha fazla önemlidir.
5	Oldukça önemli	Bir faktör diğer faktöre göre oldukça önemlidir.
7	Çok daha önemli	Bir faktör diğer faktöre göre çok daha önemlidir.
9	Kesin önemli	Bir faktör diğer faktöre göre kesinlikle daha önemlidir.
2, 4, 6, 8	Ara değerler (Uzlaşma gerektiğinde kullanılan değerdir.)	Tercih değerleri birbirlerine yakın olması durumunda kullanılır.

Ölçek kullanılarak AHS'ye uygun oluşturulan anket formları oluşturulmuştur. Anket formu 30 kişi tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendiren kişilerden 20 kişi lisans, 10 kişi yüksek lisans mezunudur. 9 kişi gayrimenkul değerlendirme uzmanı (çözüm ortağı), 4 kişi kadrolu gayrimenkul değerlendirme uzmanı, 2 kişi denetmen ve 15 kişi diğer seçeneğini işaretleyen harita mühendisleridir. Anket sonuçları her bir anket formu için ayrı ayrı işleme alınmıştır. Değerlendirmeler elektronik tablo yazılımı (Excel) kullanılarak tamamlanmıştır. Her bir anketin tutarlı olup olmaması değerlendirilmiştir. Saaty, (1980) tutarlılık oranı rastgele indeks değerlerinden faktör sayısına denk gelen 1.24 değeri seçilerek tutarlılık oranı hesaplanmıştır. Anketlerden 25 anket cevabının tutarlı olduğu tespit edilmiş, değerlerin geometrik ortalaması alınarak karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur (Tablo 2).

*Tablo 2 : Karşılaştırma Matrisi*

<b><u>Faktörler</u></b>	<b>Parsel Şekli</b>	<b>Yola Cepesi Olması</b>	<b>Bakı</b>	<b>Ana Ulaşım Akslarına Olan Uzaklığı</b>	<b>Toprak Yapısı</b>	<b>Eğim</b>
<b>Parsel Şekli</b>	1,0000	1,8336	2,5792	2,5023	0,9064	2,4422
<b>Yola Cepesi Olması</b>	0,5454	1,0000	1,4322	2,3118	0,7940	1,9181
<b>Bakı</b>	0,3877	0,6982	1,0000	1,6496	0,8574	1,5929
<b>Ana Ulaşım Akslarına Olan Uzaklığı</b>	0,3996	0,4326	0,6062	1,0000	0,6320	1,3866
<b>Toprak Yapısı</b>	1,1033	1,2594	1,1663	1,5823	1,0000	3,1192
<b>Eğim</b>	0,4095	0,5213	0,6278	0,7212	0,3206	1,0000

Karşılaştırma matrisi oluşturulup her bir sütundaki değer, bulunduğu sütun değerlerinin toplamına bölünüp normalize edilmiş matris oluşturulur (Tablo 3). Normalize edilmiş matrisin her bir sütununun toplam değeri 1 olmalıdır.

*Tablo 3 : Normalize Edilmiş Matris*

<b><u>Faktörler</u></b>	<b>Parsel Şekli</b>	<b>Yola Cepesi Olması</b>	<b>Bakı</b>	<b>Ana Ulaşım Akslarına Olan Uzaklığı</b>	<b>Toprak Yapısı</b>	<b>Eğim</b>
<b>Parsel Şekli</b>	0,2600	0,3192	0,3480	0,2562	0,2010	0,2131
<b>Yola Cepesi Olması</b>	0,1418	0,1741	0,1932	0,2367	0,1760	0,1674

<b>Baki</b>	0,1008	0,1215	0,1349	0,1689	0,1901	0,1390
<b>Ana Ulaşım Akslarına Olan Uzaklığı</b>	0,1039	0,0753	0,0818	0,1024	0,1401	0,1210
<b>Toprak Yapısı</b>	0,2869	0,2192	0,1574	0,1620	0,2217	0,2722
<b>Eğim</b>	0,1065	0,0907	0,0847	0,0738	0,0711	0,0873

Her faktöre ait satır değerlerinin ortalaması alınarak Öncelikler Vektörü hesaplanmıştır. Öncelikler vektörünün satır değerleri, oluşturulan karşılaştırma matrisine karşılık gelen satır değerleriyle çarpılıp, Tüm Öncelikler Matrisi oluşturulmuştur. Tüm öncelikler matris değerleri öncelikler vektörüne bölünür ve oluşturulan matrisin ortalaması alınarak  $\lambda_{\max}$  bulunmuştur. Tutarlılık indeksi ( *CI* ) hesaplamak için  $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$  formülü uygulanır. Formülde gösterilen ‘ *n* ’ faktör sayısını ifade etmektedir. Tutarlılık Oranını ( *CR* ) hesaplamak için tutarlılık indeksinin, rastgele değer indeksine oranıyla  $CR = CI / RI$  ifade edilmektedir. *RI* ifade eden rastgele değer indeksi tablosu verilmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4:** Rastgele Değer İndeksi

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>RI</i>	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

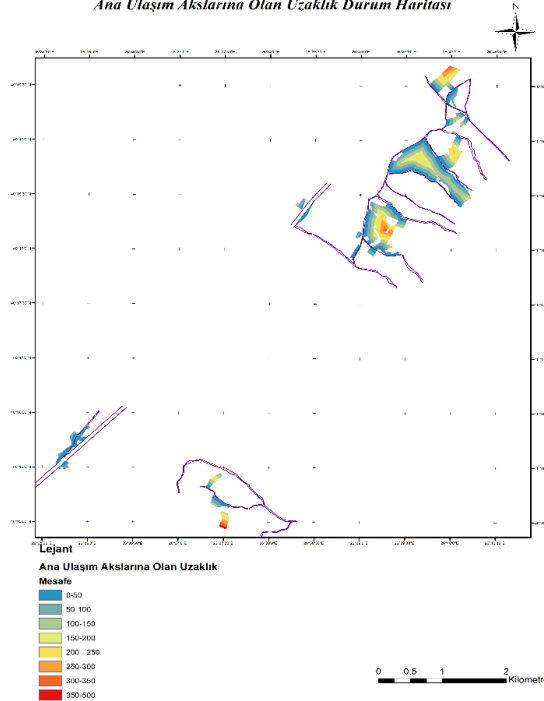
Rastgele değer indeksi faktör sayısı 6’ya karşılık gelen 1,24 değeri seçilmiştir. Anket çalışmasının tutarlılık oranı 0,02 olarak hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı 0,10’dan küçük olması nedeniyle AHS’ye göre anket sonucu tutarlı kabul edilmiştir. Anket sonucunun tutarlı kabul edilmesi sonucunda faktörlerin birbirlerine göre önem dereceleri ; %26.6 parsel şekli, %22 toprak yapısı (verim), %18.2 yola cephesi olması, %14.3 baki, %10.4 ana ulaşım akslarına olan uzaklığı, % 8.6 eğim (topoğrafya) olarak hesaplanmıştır.

### 3.BULGULAR

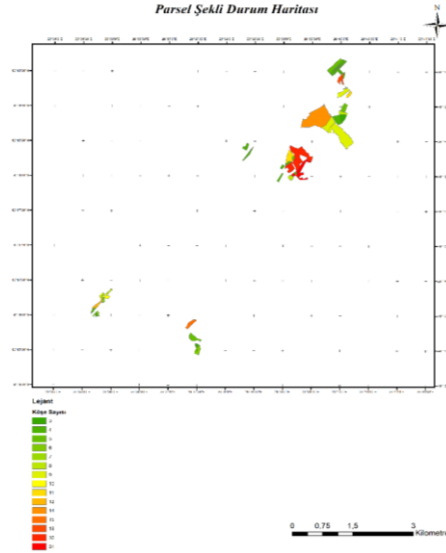
Çanakkale İli, Lapseki İlçesi, Gazisüleymanpaşa Mahallesi, Suluca, Gökköy, Kemaklıalan, Umurbey köy sınırları içerisinde 57 parsel uygulama kapsamında seçilmiştir. Orman, mera ve maliye hazinesi devletin tasarrufu altında olduğundan değerlendirme dışında tutulmuş olup, 49 adet özel mülke ait ve 4 adet tüzel kişilik olarak tapuya kayıtlı taşınmazlar değer haritası oluşturulmak için kullanılmıştır. Taşınmazlara ait onaylı kadastral altlıklar kullanılmış olup NetCad 7.6'da düzenlenmiştir. Her bir parsel için öznelik verileri Excel ortamında hazırlanmıştır. Oluşturulan grafik ve öznelik bilgileri ArcGIS 10.5 yazılımına aktarılmıştır. Mesafe analizi gerçekleştirilerek taşınmazların ana ulaşım akslarına olan uzaklığı belirlenmiştir. Uzaklık sınıflandırılırken mesafe 0-500 metre arasında belirlenerek tekrar sınıflandırma işlemi uygulanmıştır (Şekil 1). Taşınmazlara ait parsel şekli faktörü değerlendirilirken köşe sayıları öznelik verisi olarak sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Sınıflandırma yapılırken tarım arazilerinde parsel şeklinin simetrik olması kullanılabilirliğini arttırması unsuru dikkate alınmıştır (Şekil 2). Toprak yapısı faktörü değerlendirilirken ilgili parsellerin ürün tespit tutanaklarına göre çalışma bölgesindeki toprak yapısına göre sulu ya da kuru olarak belirlenmiştir ve öznelik verisi olarak girilmiştir (Şekil 3).

**Şekil 1: Ana Ulaşım Akslarına Uzaklık**

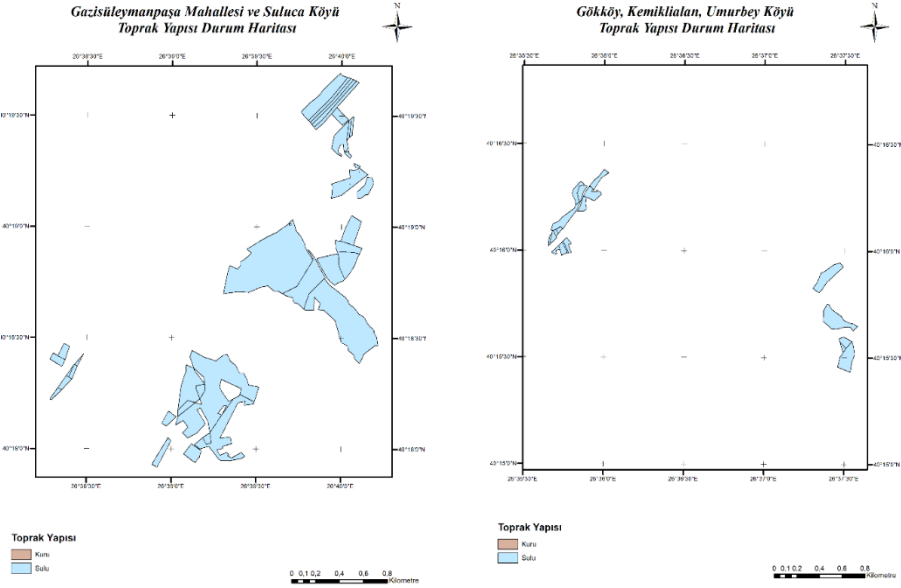
*Ana Ulaşım Akslarına Olan Uzaklık Durum Haritası*



Şekil 2: Parsel Şekli



Şekil 3: Toprak Yapısı



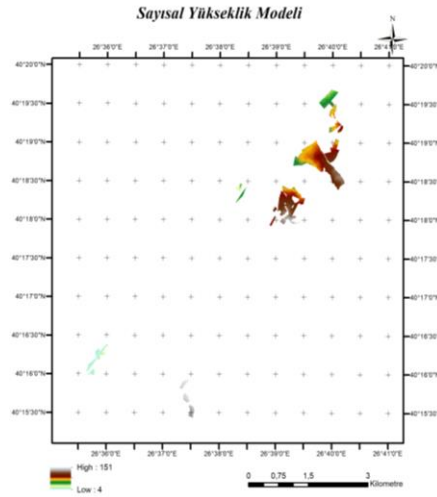
Yakınlık analizi gerçekleştirilerek parsellerin tarla, ana yol, devlet yolu gibi yollara olan mesafeleri belirlenerek parsellerin yola cephesi olup olmaması durumuna göre sınıflandırılmıştır (Şekil 4).

Şekil 3: Yola Cephesi Olması



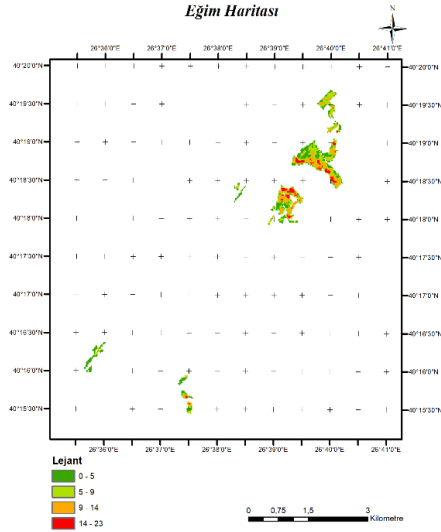
Eğim ve bakı faktörleri için bölgeye ait uydu görüntüsünden yararlanarak sayısal yükseklik modeli (Şekil 5) kullanılarak ArcGIS'te eğim ve bakı haritası oluştur komutları kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Şekil 5: Sayısal Yükseklik Modeli

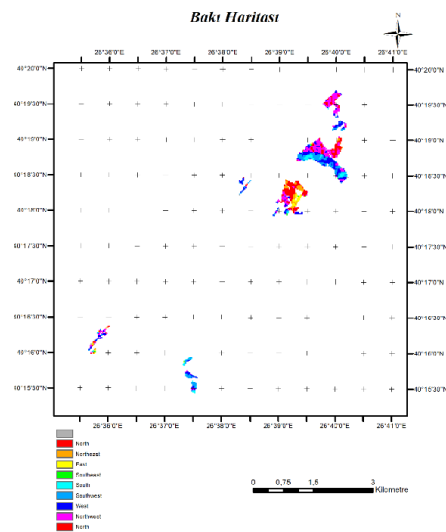


Elde edilen eğim değerleri 0-40 arasında tekrar kategorize edilmiştir (Şekil 6). Bakı ise; güney yönü en yüksek değer alacak şekilde kuzey yönüne doğru değerler azalarak kategorize edilmiştir (Şekil 7).

Şekil 6: Eğim Haritası

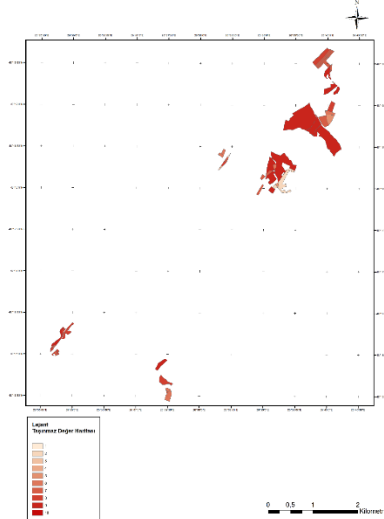


Şekil 7: Bakı Haritası



Taşınmazların değerine etki eden faktörlere ait ağırlıklı değerlerin yeniden sınıflandırılıp kategorize edilmesi sonucunda taşınmazın değerini etkileyen birden fazla faktörün birleştirilip sınıflara ayrılmasıyla taşınmaz değer haritası üretilmiştir (Şekil 7).

TAŞINMAZ DEĞER HARİTASI



#### 4.SONUÇ

Taşınmaz değer haritası oluşturulması kapsamında faktörlerin ağırlıkları AHS kullanılarak objektif bir şekilde tespit edilmiştir. Ağırlıklar elde edilirken her bir anket sonucunun ayrı ayrı tutarlılık oranı hesaplanmış, daha sonra tüm sonuçların geometrik ortalaması alınarak sonuç için tekrar tutarlılık oranı hesaplanması nedeniyle tarafsız bir yöntem uygulanmıştır. CBS'nin çözümleme konusunda verilerin depolanıp analiz edilme sürecini hızlı bir şekilde kullanıcıya sunması nedeniyle kısa bir zaman diliminde taşınmazlara ilişkin değer haritası üretilip taşınmazlara ilişkin değerlendirme yorumları yapmak mümkündür. Taşınmaz değerlendirme sistemi için veritabanı sistemi oluşturulması konusunda çalışmanın literatüre katkı yapması beklenmiştir.

#### KAYNAKÇA

- Erdem, N . (2018). Türkiye Taşınmaz Değerleme Sisteminin Yeniden Yapılandırılmasına Yönelik Bilimsel Çalışma Ve Öneriler Üzerine Bir Değerlendirme . Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi , 7 (1) , 159-170 . DOI: 10.28948/ngumuh.386408
- Bahar, M.E. (2007). Taşınmaz Değerlemesinde CBS'nin Kullanım Olanakları (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Döner, S. (2010). CBS destekli taşınmaz mal değer haritalarının oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Işıklı, M . (2019). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Taşınmaz Değerlemesi . Yapı Bilgi Modelleme , 1 (1) , 21-26
- Özer, M. (2010). Taşınmaz değerlendirilmesinde kullanılan finansal ve sayısal yöntemler: Topsis ve yeni çoklu kriter modelleriyle bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül
- Saaty, T.L. (1980), The analytic hierarchy process: Planning, priority setting. Resources Allocation. Mcgraw-Hill, New York.

- Timur, S., (2019). Coğrafi Bilgi Sistemleri destekli taşınmaz değerlendirme haritalarının oluşturulması: İstanbul İli Şişli İlçesi örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ünel, F. ve Yalpir, Ş. (2014). Determination of the locational, physical and legal status of parcels using the AHP Method and GIS in real estate valuation. Geomatics Engineering Department, Selcuk University, 1-10.
- Ünlü, S. (2010). Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımı ile Taşınmaz Değer Haritalarının Oluşturulması ve Eskişehir Örneği (Yüksek Lisans Tezi)
- Yağmahan, G. (2019). Puanlama yöntemiyle taşınmaz değerlerinin belirlenmesi ve yaşam kalitesiyle ilişkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yomralıoğlu, T. (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri (5. Baskı, s. 479). İstanbul.