

**Current Debates on Natural
and Engineering Sciences**

2



All Rights Reserved

It may not be reproduced in any way without the written permission of the publisher and the editor, except for short excerpts for promotion by reference.

ISBN: 978-625-7799-40-9

1st Edition

2021

Current Debates on Natural and Engineering Sciences 2

Bilgin Kùltür Sanat Yayın Dağıtım Pazarlama Ltd. Şti. pursuant to the law of intellectual and artistic works, it may not be quoted, copied, reproduced or published in any way without written permission.

Editors

Hikmet Y. ÇOĞUN
Zeynel KARACAGİL

Publisher

Engin DEVREZ
Bilgin Kùltür Sanat Yayınları
Certificate No: 20193
Selanik Cd. No: 68/10 06640 Kızılay / Ankara
Phone: 0 (312) 419 85 67 – Fax: 0 (312) 419 85 68
<https://www.bilginyayinevi.com/>
bilginkultursanat@gmail.com



Contents

Tozlu Ortam Hava Kalitesinin Pnömatik Taşıma Sistemi ile İyileştirilmesi ve Fayda Maliyet Analizi: Uygulama Örneği.....	7
Ali Kemal ÇAKIR.....	7
Fay Kili Mineralojisinde SEM ve XRD Veri Analizi.....	18
Ayşe Didem KILIÇ.....	18
Gold-Assisted Large-Scale Exfoliation of Bismuth Triiodide Ultrathin Layers.....	25
Aydan Yeltik.....	25
Felix Deschler.....	25
Tünel Aydınlatması Hesaplarında Standartların Kullanımı ve Önemi.....	34
Canan PERDAHÇI.....	34
Onur HASANOĞLU.....	34
Ziya DORUK.....	34
Soma Linyitinin Piroliz Özelliklerinin Termogravimetrik Yöntem ile İncelenmesi.....	46
Dilan KÖKSAL ÖZTÜRK.....	46
Menderes LEVENT.....	46
Kadir GÜNDOĞAN.....	46
Investigation of the Effect of Nanoparticle Reinforcement in Epoxy Adhesive on the Static Strength of the Joint in Single Patch Lap Bonding Joints.....	54
Edip ÇETKİN.....	54
Comparison of Load Balance Algorithms Using CloudAnalyst Simulation.....	64
Ersin Çağlar.....	64
Sertuğ Kaptan.....	64
Propoksur'un Modifiye Camsı Karbon Elektrot ile Elektrokimyasal Tayini.....	72
Gökhan UZUN.....	72
Zühre ŞENTÜRK.....	72
Treatment by Electrocoagulation Using Waste Metals of Petroleum Wastewater.....	81
Gülizar KURTOĞLU AKKAYA.....	81
Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt ve Motor Parametrelerinin Yanma Özelliklerini Etkisinin İncelenmesi.....	90
Hasret DOĞAN.....	90
Mehmet ÇELİK.....	90

Determination of Macro and Trace Element Levels of Red Algae <i>Liagora ceranooides</i> (J.V.Lamouroux) and <i>Liagora viscida</i> ((Forsskål) C.Agardh) Species and From Mediterrenian Sea (Antalya/Turkey) by ICP-OES Method	116
Hatice Banu KESKİNKAYA.....	116
Numan Emre GÜMÜŞ.....	116
Cengiz AKKÖZ	116
Emine Şükran OKUDAN.....	116
The Effect of Ischemic Conductivity and Regularization Methods for Localizing the Ischemic Region on the Heart: A Finite Element Study.....	124
Hamed KAGHAZCHI.....	124
Mustafa Kerem ÜN.....	124
Bit Prediction on Keccak-[200] Cryptographic Function with LSTM Neural Network.....	141
Melike KARATAY	141
Aybars UĞUR.....	141
Derin Geçitli Yinelemeli Ünite ve Uzun Kısa Süreli Bellek Tabanlı Anomali Tespit Tekniği	149
Merve Begüm TERZİ.....	149
Optimization of Interlayer Bond Strength of Additively Manufactured Polyamide Samples	158
Mümin TUTAR	158
The Origins and the Development of Artificial Intelligence.....	169
Nazlı Gülşah CİMİLLİ	169
Aytekin ÇÖKELEZ.....	169
Torque Control for Interior Mounted Permanent Magnet Synchronous Motors Based on Third Harmonic Injection Pulse Width Modulation	189
Osman Emre ÖZÇİFLİKÇİ	189
Mikail KOÇ	189
A Consumption Related Knowledge Sharing Behavior Analysis By Applying Multiple Regression Algorithms	196
Özerk YAVUZ.....	196
Use of Electro-Spin Spectroscopy Method in Determining the Oxidation Stability of Oils	207
Tuğba DEDEBAŞ.....	207
Plastik Ambalajlardan Gıdalara Fitalat Esterlerinin Migrasyonu	213
Özlem KIZILIRMAK ESMER	213
Yeşim ASLAN	213

Furkan KÜÇÜK	213
Erkek İnfertilitesi ile Kromozom 1'in Perisentrik İnversonu Arasındaki İlişki	230
Özgür BALASAR.....	230
Müşerref BAŞDEMİRCİ.....	230
Meme Kanseri Hastalarında Erbb4 Geninin Prognostik Değeri Üzerine Bir Araştırma	239
Esen ÇAKMAK.....	239
Comparative <i>Helicometra fasciata</i> (Digenea) Infections in Some Marine Fishes in the Black Sea	249
Arzu GÜVEN.....	249
Türkey ÖZTÜRK.....	249
Surgical Approach to Posterior Fossa Tumors in Pediatric Neuro-oncology	261
Doğan GÜNDOĞAN.....	261
Yenidoğan sepsisinde IL-6, IL-8, TNF- α ve C-reaktif protein (CRP) düzeylerinin tanı ve prognozdaki yeri.....	266
Ruken YILDIRIM.....	266
Mehmet Celal DEVECİOĞLU	266
Local treatment with methotrexate of cesarean scar pregnancy: A case report Sezeryan skar gebeliğın metotreksat ile local tedavisi : Bir olgu sunumu	274
İlknur OKUR AKŞAN.....	274
Nilhan ÖZTÜRK.....	274
Dilek YENİAY	274
BRCA-İlişkili Meme Kanseri.....	280
Müşerref BAŞDEMİRCİ.....	280
Özgür BALASAR.....	280
Ziraat Alanında Kullanılan Etmen Tabanlı Sistemler ve Uygulamaları.....	289
Melek Işık.....	289
Anomali Tespiti için Geçitli Yinelemeli Sinir Ağları ile Derin Öğrenme	300
Merve Begüm TERZİ.....	300
Tarımsal Ürün Temizleme ve Depolama İşletmesinde Güneş Enerji Sisteminin Uygulanması ve Ekonomik Analizi.....	309
Nuri ORHAN	309
Seda ŞAHİN.....	309
Comprehensive Mining and Characterization of CRISPR-Cas System in <i>Veillonella</i> spp.	317

Özge KAHRAMAN ILIKKAN	317
Use of Alloys Electrodes in the Electrocoagulation Process	321
Hatice Sevim EKŞİ	321
Gülizar KURTOĞLU AKKAYA.....	321
The Helminth Fauna of Gobiid Fishes (Gobiidae) of Sinop Coasts of the Black Sea.....	333
Türkey ÖZTÜRK.....	333
Arzu GÜVEN.....	333

Tozlu Ortam Hava Kalitesinin Pnömatik Taşıma Sistemi ile İyileştirilmesi ve Fayda Maliyet Analizi: Uygulama Örneği

Ali Kemal ÇAKIR¹

1. GİRİŞ

Mesleki akciğer hastalıklarının İnorganik tozlardan etkilenmesi ile oluşan hastalıkların genel adı Pnömokonyoz denilmektedir [1-4]. Ancak, bu adlandırma tam olarak bu maruziyetin yol açtığı patolojilerin tümünü göstermez. Akkurt, İ. [5] Mesleki Solunum Hastalıkları adlı kitabında bu tanımı "...pnömokonyoz akciğerde toz birikimi ve buna kaşı gelişen doku reaksiyonudur" diye tanımlandırmıştır. Tanımdan da anlaşılacağı üzere, akciğerlerde biriken tozun akciğer dokusuna olumsuz etkisi olduğu aşıkardır. Pnömokonyoz içinde patogenezi en iyi aydınlatılan tip silikozis'dir [5]. Silikozis'in insanlık tarihi kadar eski bir hastalık olduğunu Mısır mumyalarında silikotik nodüllerin bulunması gösteriyor. Silisyum dioksit (SiO₂) veya silika dünyada en bol bulunan minerallerdendir. Solunabilir büyüklükteki (0,5-5 µm çaplı) silis partiküllerinin inhalasyonu sıklıkla en tipik görünüm olan basit silikozis ve progresif masif fibrosis'e yol açar [5]. Serbest silis (silisyum dioksit) kristallerinin solunumla alınması-havanın solunması sonucu meydana gelen bir pnömokonyoz türüdür. akciğerde toza karşı sürekli bir reaksiyon oluşur. Bu reaksiyon, sonunda kollajen liflerde artmaya ve fibroze yol açar. Kayaların hemen hepsinde silis vardır. Bu nedenle kayaların ve toprağın parçalanması, öğütülmesi, yakılması gibi işlerde silikozis riski söz konusudur. Meslekler olarak sayıldığında her türden madencilik, taş ocaklarında çalışma, taş kırma ve öğütme işlemleri, cam, porselen ve seramik yapımı, dökümhanede çalışma, metallürji endüstrisi, kot taşlama işçiliği silikozis bakımından riskli olan başlıca işlerdir [6]. Bu nedenle Silisyum dioksit (SiO₂)'un yoğun bulunduğu sektörlerde silikosiz hastalığına yakalanma olasılığında yüksektir. Bu sektörlerden biri de kompoze taş sektörünün yer aldığı madencilik faaliyetleridir. Bu sektörlerde yer alan firmaların işverenleri bu hastalıklardan korunmak için çeşitli tedbirleri de aldıkları gerekmektedir.

İşveren, çalışanlarının sağlık ve güvenliğini tehlikeye atacak, iş yerinde bulunan tozlardan kaynaklanan olumsuz etkileri belirlemek üzere, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve 29.12.2012 tarih ve 28512 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği hükümlerine uygun şekilde risk değerlendirme yapmakla yükümlüdür. Ayrıca, tozlu işlerde yapılacak risk değerlendirmesinde aşağıda belirtilen hususlar özellikle dikkate alınır [7].

- Ortamda bulunan tozun çeşidi,
- Ortamda bulunan tozun sağlık ve güvenlik yönünden tehlike ve zararları,

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Adnan Menderes Üniversitesi, Metal ve Makine Bölümü, Orcid: 0000-0002-2185-8108

- c) Maruziyetin düzeyi, süresi ve sıklığı,
- ç) Bu Yönetmeliğin EK-1’inde yer alan mesleki maruziyet sınır değerleri,
- d) Toz ölçüm sonuçları,
- e) Alınması gereken önleyici tedbirleri,

Bu yönetmelik ekinde belirtilen değerlere göre “Özelliği Olan Kayaç veya Mineraller Maruziyet Eşik Sınır Değerleri” bölümünde inert veya İstenmeyen Toz başlığı altında, Solunabilir Kısım için belirlenen maruziyet sınır değeri 5 mg/ m³ olarak belirlenmiştir [6]. Bu kapsamda kompoze taş sektöründe faaliyet gösteren bir firma bu gereklilikleri yerine getirmek için çalışma başlatmıştır.

Proje çalışmasının yapıldığı yer Muğla bölgesinde olup, işletmeye ait tesiste kırma-eleme ve mikronize öğütme yapılmaktadır. Bu tesise ait yıllık üretim kapasitesi 240.000 ton öğütülmüş kuvars ve feldspattır [10]. Çalışma kapsamında toza maruziyeti durumunu görebilmek için toz ölçümlerinde bakanlıkça yetkilendirilmiş bir firmaya ortam ve kişisel ölçümleri yaptırmıştır. Ölçüm sonucunda toza maruziyetin en yoğun görüldüğü yerlerde araştırma yapılmasına karar verilmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı, kompoze taş sektöründe faaliyet gösteren bir firmada kuvars madeninden kaynaklanan tozlu ortamı, pnömatik taşıma ile bertaraf etmektir. Böylece tozun mevzuat çerçevesinde istenen maruziyet sınır değerleri arasında olmasını sağlayarak, çalışanlarının daha sağlıklı ve sürdürülebilir bir ortamda faaliyet yapmalarına olanak vermektir.

1.1. Ele Alınan Konular

Kuvars vb. işletmelerdeki ortam hava kalitesini etkileyen en önemli faktör ortamda bulunan tozdur. Bu tarz işletmelerde toz, genellikle kuru tip öğütme ve seperasyon proseslerinde aktarma, boşaltma, transfer noktalarında ve silo altlarından ürün, ara ürün ve atıkların paketlenmesi boşaltılması, taşınması ve depolanması sürecinde çıkan tozlardan kaynaklanmaktadır. Bu kapsamda projede ele aldığımız konular [10]:

- Kuvars tozu ve silikozis meslek hastalığı,
- Mikronize Tesis genelinde gözle görülür tozlu ortam nedeniyle sağlıksız ortam hava kalitesini iyileştirmek
- Aynı ortamda rutin çalışma yapan personelin maruz kaldığı tozu indirmek/azaltmak
- Sağlıklı ve yüksek motivasyonlu bir çalışma yapmak
- Sayısal değerlere dayalı ölçüm ve analiz yapılması.

1.2. Uygulama Şekli

Çalışmanın özelinde, açık ocakta üretilen ve firmaya ait tesiste işlenen kuvars ürünlerinin önemli bir bölümü, bu tesiste kurulan Pnömatik Taşıma Sistemi ile minimize

edilerek, kuvars tozlarından kaynaklanabilecek olası çevre sorunlarının ve sağlık etkilerinin asgari düzeye indirilmesi aşamasına geçilmiştir.

2. YÖNTEM

2.1. Tozsuzlaştırma Projesi

Tozsuzlaştırma projesi kapsamında tesis içindeki ürünlerin kapalı ortamda taşınması pnömatik taşıma sistemi ile yapılması kararlaştırılmıştır. Pnömatik Taşıma Sistemleri, toz ve granül malzemelerin basınçlı hava ile borular içerisinde gönderilmesi için tasarlanmış olan taşıma kaplarıdır. Pnömatik taşıma sistemleri temel olarak ikiye ayrılmaktadır [10]:

a) Vakumlu Sistem

Vakumlu sistemlerde, hava ve katı parçacıklar boru hattı içine emilir. Boru hattının sonunda, katı ve sıvı akışının ayrılması bir siklon veya filtre aracılığıyla gerçekleştirilir. Yer çekiminin de etkisiyle katı parçacıklar düşerken, hava akışı vakum pompasının olduğu yöne doğru çekilir.

b) Basınçlı sistem:

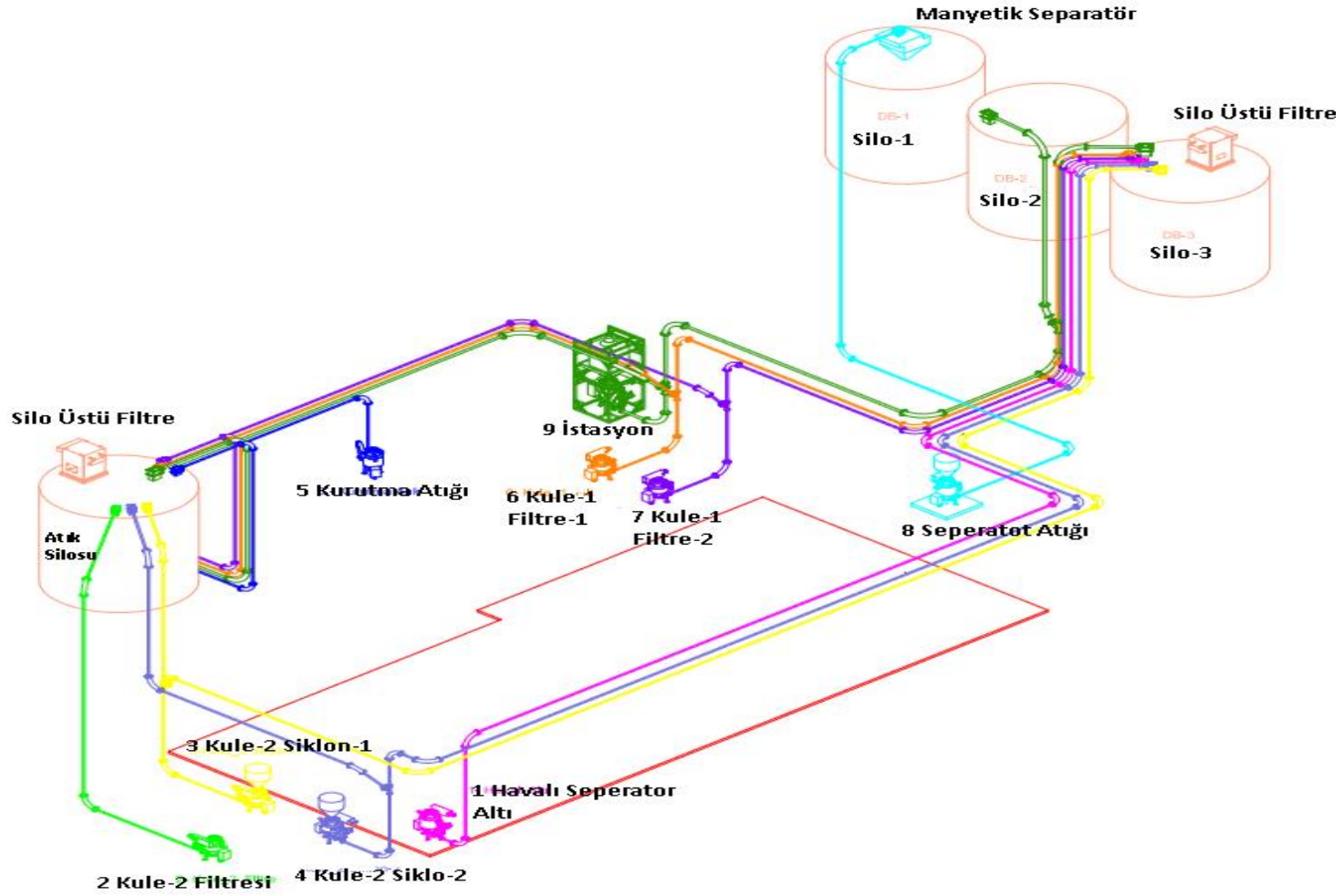
Basınçlı sistemde atmosferik hava, fan aracılığıyla sürekli olarak taşınır. Fanın arkasında ise katı parçacıklar hava akışının içine enjekte edilmektedir. Boru hattının sonunda, katı ve sıvı akışının ayrılması siklon veya filtre aracılığı ile gerçekleştirilir. Yer çekiminin de etkisiyle katı parçacıkları düşerken, hava fazı atmosfere geri dönerek yukarı doğru akar. Çoklu besleme noktalarından tek bir boşalma mümkündür. Tek bir besleme noktasından çoklu boşaltma noktalarına ulaşmak mümkündür. [8]. Sistemin çeşitli modelleri mevcuttur. Bunlar;

D Modeli-Standart, DF Modeli-Dolum Filtreli, DP Modeli-Çıkış Vanalı, DW Modeli-Tartımlı, DBC Modeli-E-Kompakt, DMS -Çoklu Dens Taşıma [9]. Bu modellerden D Modeli (Standart) projemizde kullanılmıştır [10].

2.1.1. D Modelinin Özellikleri

Özel tasarım giriş vanası, 50 m³/sa. taşıma kapasiteli, 500 m taşıma mesafeli, 6 barg'ye kadar basınç dayanımlı, PLC tabanlı elektropnömatik kontrol merkezi kumanda sistemi ile haberleşebilme izleme ve kontrol için dokunmatik ekranlı ara yüz (Opsiyonel) özelliklerine sahiptir [9].

Proje kapsamında tozun en çok görüldüğü, siklon, kurutma ve filtre birimlerini kapsayacak şekilde pnömatik taşıma sisteminin kurulmasına karar verildi. Sistem, Mikronize Tesis, ürün, ara ürün ve atıkların silodan bigbaglere boşaltılması, forklifte taşınması, Besleme Bunker veya siloya beslenmesi, boşaltılması, Elavatorle Değirmen Besleme Silosuna (Atıkların silo altından boşaltılması ve transferi ve tekrar boşaltılması ve nakledilmesi) transfer edilmesini kapsayacak şekilde tasarlandı. Sisteme ait iş akış şeması ise Şekil 1'te gösterilmiştir [10].



Şekil 1. Proje Sahası Detay Görünüm [10].

Şekil 1’de gösterilen proje sahası iş akışını kısaca özetleyecek olursak; 1 numara ile kodlanan havalı seperatörden çıkan -100μ (100μ altı malzeme) boyutlu malzeme doğrudan değirmen besleme silolarına (Silo-1, Silo-2, Silo-3) gönderilecektir. 3 ve 4 numaralar ile kodlanan Siklon 1, Siklon 2 ile 6 ve 7 numaralar ile kodlanan Tesis Filtresi 1 ve 2’den çıkan malzeme ise, istenirse değirmen besleme silolarına, istenirse atık toplama silosuna gönderilecektir. 5 numara ile gösterilen kurutucudan çıkan atık malzeme ise, direk atık toplama silosuna gönderilecektir. Sistemden bigbagler olarak alınmış olan ara ürün veya atık malzeme, 9 numaradaki merkezi konumdaki istasyon ile ister atık toplama silosuna istenirse ise değirmen besleme silosuna gönderilebilecektir. Tesisten çıkan manyetik seperatör atıkları ise, değirmen besleme silosu üzerinde bulunan manyetik seperatöre taşınabilmektedir. Bu sayede atık malzemeler toz oluşturmadan tamamen kapalı bir sistemle atık olarak veya geri değerlendirilebilir ürün olarak değirmen ünitesinde değerlendirilebilmektedir [10].

2.2. Projenin Etkileri

Firma üretim tesislerinde çeşitli zamanlarda periyodik ölçümler yapılmaktadır. 02.02.2017 tarihinde, iç ortam havasında, belirlenen bölümde, beş personel üzerinde yapılan sekiz saat süreli solunabilir toplam toz ölçüm sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. Ölçümler; OSHA (Occupational Safety and Helath Administration) PEL (Permissible Exposure Limit) çerçevesinde GILIAN 3500 Model cihaz kullanılarak yaptırılmıştır.

Çizelge 1. Tesiste Yapılan Maruziyet Toplam Toz Ölçümleri [11]

Ölçüm No	Ölçüm Tarihi	Ölçüm Yapılan Kişi	Ölçüm Bölüm	Yapılan	Parametre	Ölçülen Değer ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	OSHA Sınır Değeri ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
1	02/02/17	Çalışan-1*	Mikronize Ünitesi	Değirmen	Solunabilir Toz	13300,5	5000
2	02/02/17	Çalışan-2	Sevkiyat-1		Solunabilir Toz	8927,0	5000
3	02/02/17	Çalışan-3	Sevkiyat-2		Solunabilir Toz	12146,0	5000
4	02/02/17	Çalışan-4	Kalite Kontrol		Solunabilir Toz	1056,0	5000
5	02/02/17	Çalışan-5	Bakım Onarım		Solunabilir Toz	8745	5000

*Kişisel maruziyet ölçümlerinde personellerin isimleri açık bir şekilde belirtilmeyerek Çalışan-1, Çalışan-2 diye tanımlanmıştır.

Tesiste beş personel üzerinde yapılan sekiz saatlik maruziyet solunabilir toz ölçümleri sonucu elde edilen değerler, OSHA’da belirtilen sınır değer ile karşılaştırılmıştır. Yapılan maruziyet solunabilir toz ölçümlerinde ölçüm yapılan personellerin maruz kaldığı toz değerlerinin OSHA sınır değerlerini sağlamadığı tespit edilmiştir. Ortamda gözle

görülür toz vb. bulunması ve kuvars tozunun Silikozis gibi kronik bir rahatsızlığa yakalanma olasılığını minimize etmek amacı ile tozsuzlaştırma projesine karar verildi.

Pnömatik taşıma sisteminin kurulması sonrasında sistemi oluşturan her bölüm devreye girilmemiş olup, kademe kademe devreye konulması tasarlanmıştır. Bu kapsamda, devreye alınan Mikronize Ünitesi ve Değirmen Ünitesinde kişisel toz maruziyet ölçümleri yapılmıştır. Bu kısımlara ait sistemin devreye alınışının %100'nü kapsayacak şekilde yapılan toz ölçümlerini gösterir Çizelge 2 aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2. Tesiste Yapılan Maruziyet Toplam Toz Ölçümleri [12]

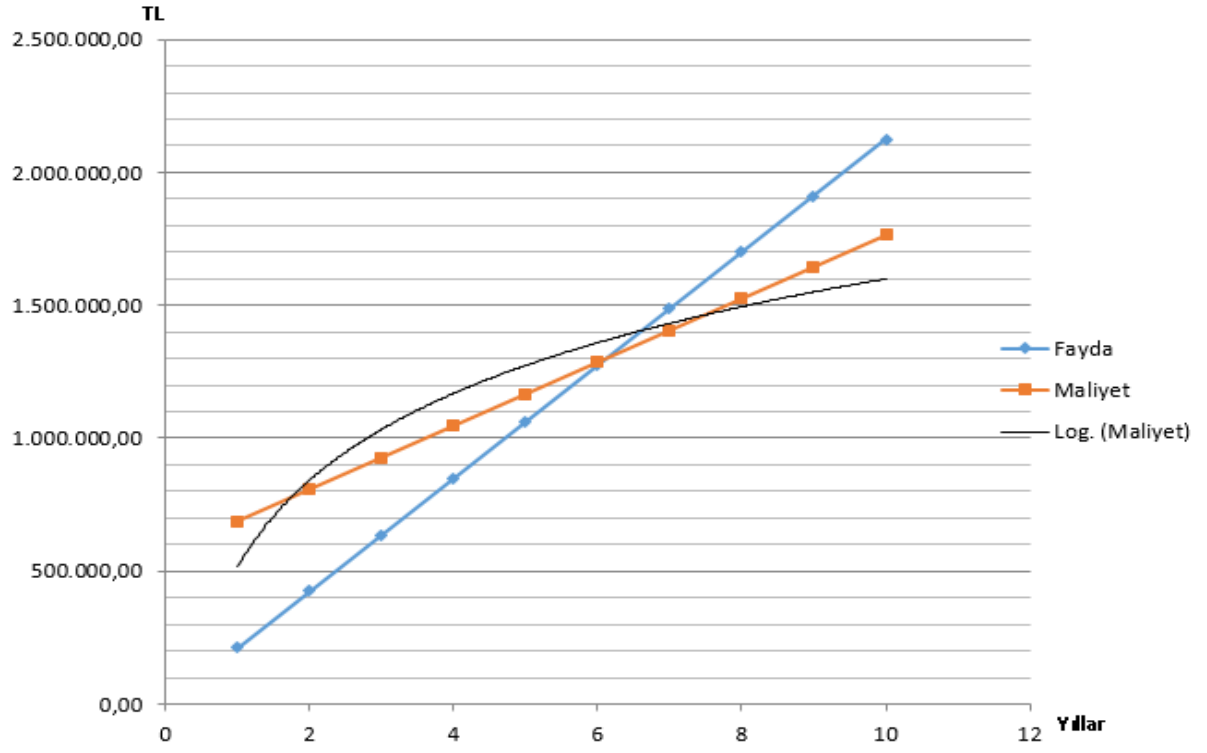
Ölçüm No	Ölçüm Tarihi	Ölçüm Yapılan Kişi	Ölçüm Yapılan Bölüm	Parametre	Ölçülen Değer ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	OSHA Sınır Değeri ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
1	28/05/18	Çalışan-1	Mikronize Tesis İçi	Solunabilir Toz	833	5000
2	28/05/18	Çalışan-2	Sevkiyat	Solunabilir Toz	204	5000
3	28/05/18	Çalışan-3	Mikronize Değirmen Ün.	Solunabilir Toz	408	5000
4	28/05/18	Çalışan-4	Kalite Kontrol	Solunabilir Toz	298	5000
5	28/05/18	Çalışan-5	Bakım Onarım	Solunabilir Toz	907	5000

2.3. Fayda Maliyet Analizi

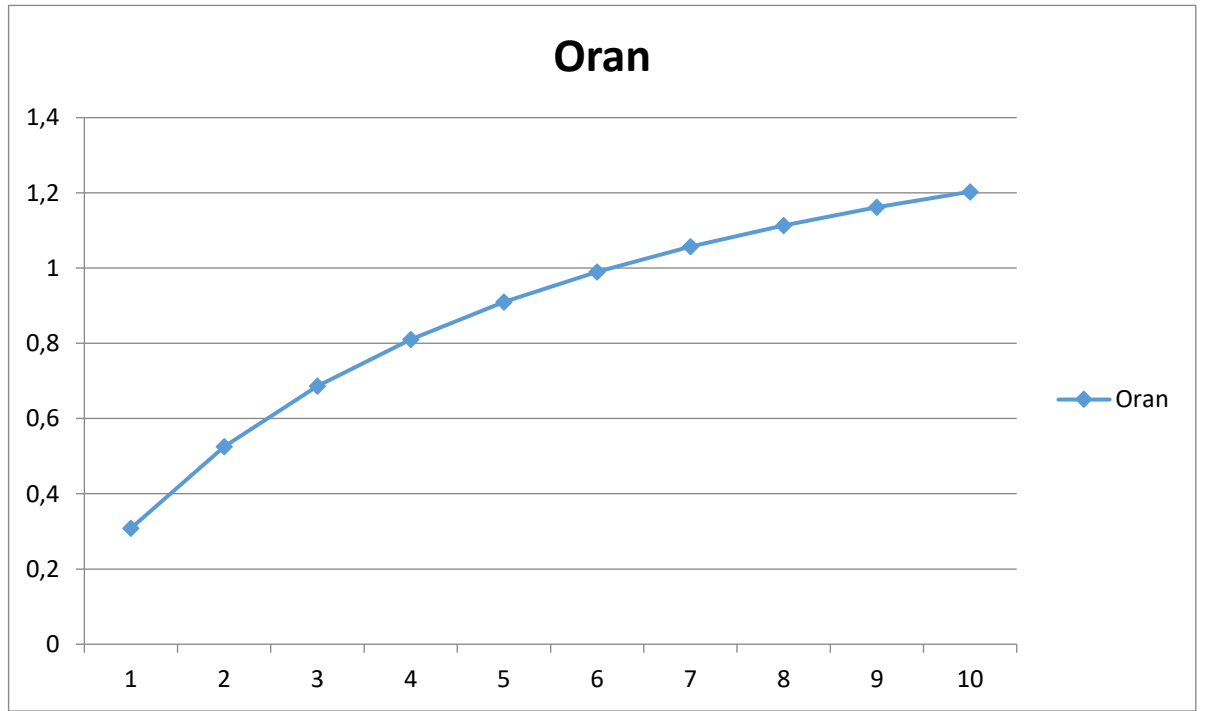
Çalışmaya ait fayda maliyet analizini gösterir veriler Çizelge 3 'de gösterilmiştir. Fayda maliyet analizinin birbiri ile ilişkilendiren diyagram Şekil 2'de, fayda/maliyet oranındaki yıllara göre değişim ise Şekil 3'teki diyagramda görülebilmektedir.

Çizelge 3. Tozsuzlaştırma Projesi Fayda Maliyet Analizi

Maliyetler					Faydalar	Fayda/Maliyet Oranı			
	Açıklama	Fiyat (TL)	Etkilenen	Ölçüt (Nicel/Nitel)		Yıllar	Fayda	Maliyet	Oran
Kurulum Maliyeti	Transporter (8 Adet) + Bilgisayar (1 Adet) + Yazılım (1 Adet) + Elektrik-Elektronik Kontrol Panel (1 Adet) + Kompresör (90 kWh) + 800 m ÇelikÇekme Boru + Dirsek (Poliüretan ve Bazalt=36 Adet) + Vanalar) 195.000 Euro x 2,78 TL/Euro	542.100	İşveren	Nicel, Nitel	Çalışan Motivasyonunda Artış, Birçok sektör ve şirkete örnek teşkil edebilecek olması, Nihai ürün kalitesinde artış, İş Kazası ve meslek hastalığında azalma	1	212.350,00	688.710	0,30833
	Silo+Filtre (100 m ³) Y.M.	27.000				2	424.700,00	808.320	0,525411
	Toplam	569.100				3	637.050,00	927.930	0,686528
						4	849.400,00	1.047.540	0,810852
İşletme Maliyeti	Kompresör		İşveren	Nicel, Nitel	Çalışan Motivasyonunda Artış, Birçok sektör ve şirkete örnek teşkil edebilecek olması, Nihai ürün kalitesinde artış, İş Kazası ve meslek hastalığında azalma	5	1.061.750,00	1.167.150	0,909695
	1- Günlük: 65 kWhx0,80=52 kWhx12saat/gün=624kWhx0,30 TL/gün 2- Yıllık: 187 TL/günx300 gün	56.100				6	1.274.100,00	1.286.760	0,990161
	Yedek Parça					7	1.486.450,00	1.406.370	1,056941
	1- Günlük: 0,2 TL/tonx110 ton/gün= 22 TL/gün 2- Yıllık: 22 TL/günx300 gün	6600				8	1.698.800,00	1.525.980	1,113252
	Amortisman Bedeli					9	1.911.150,00	1.645.590	1,161377
	569100TL/10 yıl	56.910				10	2.123.500,00	1.765.200	1,20298
	Toplam	119.610							
-	10.000 Adet BigBag x 5 Euro= 50.000 Euro x 2,78 TL/Euro= ..TL/yıl	139.000	İşveren, Çalışan	Nicel	Tasarruf				
-	1 Adet Forklift Operatörü Maliyeti= (2000x3 TL/ay x 12 ay/yıl)/2= TL/yıl	36.000							
-	1 Adet Düz İşçi Maliyeti= (1800x3 TL/ay x 12 ay/yıl)/2= .. TL/yıl	32.400							
-	1 Adet Forklift Yakıt Gideri= 3,7 lt/saatx4 saatx3x300 900 lt x 3,50 TL/lt=.... TL/yıl	3150							
-	1 Adet Forklift Bakım Gideri=../yıl	1.800							
-	Toplam	212.350							



Şekil 2. Fayda Maliyet Analizi Diyagramı



Şekil 3. Fayda/Maliyet Analiz Oranının Yıllara Göre Değişimi (y:Oran, x:Yıl)

oluşmasına olanak sağlanmıştır. Bu nedenle, çalışma alanında uzun süreli (günde 7,5 saat) çalışan personellerin toza maruz kalma olasılığı azaltılarak, silikosiz tarzı meslek hastalıklarına yakalanma olasılığı azalmıştır. Ülkemizdeki özellikle maden sahalarında yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıkları açısından değerlendirildiğinde, yapılan bu çalışmanın maden işletmecilerine, maden yöneticilerine ve kamusal alanda madencilik faaliyetlerinde bulunanlara referans olacağı ve ülkemizin insan odaklı yaklaşımına referans gösterileceği muhakkaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Welch LS, Hunting KL, Balmes J., 1998. Variability in the classification of radiographs using the 1980 International Labour Organization. Classification for pneumoconioses. Chest; 114: 1740-8.
- [2] Toraks Derneği Çevresel ve Mesleki Akciğer Hastalıkları Çalışma Gurubu, 1998. Mesleki ve Çevresel Akciğer Hastalıklarının Değerlendirme Formu. Solunum Hastalıkları; 9(1):225-32.
- [3] American Thoracic Society, 1997. Medical Section of The American Lung Association. Adverse effects of crystalline silica exposure. Am J Respir Crit Care Med; 155: 761-5.
- [4] Attfield MD, Costello J. 2004. Quantitative exposure-response for silica dust and lung cancer in Vermont granite workers. Am J Ind Med; 45: 129-38.
- [5] Akkurt, İ., 2007. “Mesleki Solunum Hastalıkları Kitabı”, Türk Tabipleri Birliği Yayınları, 238 Sayfa, ISBN 978-975-6984-94-9, Ankara.
- [6] Anonim a, Mesleksel Akciğer Hastalıkları, Başkent Hastaneleri, <https://www.baskenthastaneleri.com/uploads/images/adana/MESLEKSEL%20AKCIGER%20HASTALIKLARI.pdf>, (Erişim Tarihi: 17.08.2020).
- [7] Anonim b, Resmi Gazete, Tozla Mücadele Yönetmeliği, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18989&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> , (Erişim Tarihi: 07.11.2020).
- [8] Anonim c., 2017. Pnömatik Taşıma Sistemi, <http://tr.millermagazine.com/?p=1031> , (Erişim Tarihi, 17.09.2017).
- [9] Optima Mühendislik, 2014. Denskonveyör Taşıma Sistemi, Katalog, Sincan, Ankara.
- [10] Çakır, A.K. ve Çetin, N. Kuvars İşletmesi’nde Tozlu Ortam Hava Kalitesinin Pnömatik Taşıma Sistemi ile İyileştirilmesi, Madencilik, Cilt 54, Sayı 2, Sayfa 13-17, 2015.
- [11] Çevtest, 2017. Mikroman Maden San. ve Tic. Ltd. Şti. Hijyen Ölçüm Raporu, Ek-4, Sayfa Sayısı:53, Çev-Test Ölçüm Laboratuvarı, Bornova, İzmir.
- [12] Mikroman maden, 2018. Mikroman Maden San. ve Tic. Ltd. Şti. İSG Hijyen Ölçüm Raporu, Ek-2, Yatağan, Muğla.

Fay Kili Mineralojisinde SEM ve XRD Veri Analizi

Ayşe Didem KILIÇ¹

1.GİRİŞ

İlke Ramsay (1980) tarafından kullanılan makaslama zonu terimi, yan kayalara göre yüksek deformasyona uğramış, çoğunlukla dar ve sınırlandırılmış zonu karakterize eder. Kuzey Anadolu Fay zonu, Doğu Anadolu Fay zonu makaslama zonlarının geliştiği büyük doğrultu atımlı fay bölgeleridir. Yoğun deformasyon nedeniyle belirgin şekilde yan kayalardan ayrılabilen bu zon; gevrek, gevrek-sünümlü ve sünümlü olarak üç alt gruba ayrılır. Gevrek makaslama zonları birbirlerine paralel/yaklaşık paralel pek çok fayın olduğu sınırlı bir alanda açık bir şekilde süreksizlik gösterir. Bu zonun kenar zonları elastik davranış limiti içerisinde kalarak ya deformasyona uğramazlar veya breşik özellik gösterirler. Gevrek-sünümlü makaslama zonları fayın her iki yakasında 10m kadar mesafede gözlenebilir.

Fay sürünme kıvrımları en belirgin özelliklerindedir ve fayın hareket mekanizmasının tanımlanması ile ilgili önemli bir belirteçdir. Açılma çatlakları, sigmoidal şekilli yapılar gözlenir. Fay kili, breş gibi farklı fay kayalarının geliştiği gevrek makaslama zonları yer kabuğunun yüzeye yakın kısımlarını işaret eder (Ramsay, 1980; Brindley ve Brown, 1980).

Breş serisi, kataklaz serisi, milonit serisi ve fay kili olarak mm.den cm ye kadar farklı boyutta kayaları kapsayan makaslanma fay zonları fiziksel koşulların kayaç bileşimi üzerindeki etkilerini barındıran aktif bölgelerdir aynı zamanda. Kristalin kuvars ve feldispat içeren kıtasal kabuğu dformasyona uğratan fay zonunda elastik-sürtünmeli davranış gösteren üst seviyelerde fay kili (unu), breş, kataklastik seri ve pseudotakilit gibi fay kayaları oluşurken, sıcaklığın kısmen daha yüksek olduğu derinlerde yarı-plastik özellik gösteren sünümlü kayalar (milonit serisi) gelişir. Mason (1978) tarafından yapılan bir çalışmaya göre herhangi bir kaya içerisinde gelişen fay zonu, yüzeye yakın kesimlerde fay breşi, derinlerde ise milonitik kaya gelişimine neden olur. Ancak, zaman içerisinde tektonizma ve aşınma ile derinlerde oluşan milonitik kayalar yüzeye çıkabilir.

Fay izi boyunca yüzeyde ve aktif fay zonlarında, genel olarak ince taneli kum, silt ve tane boyutu 2 mikrondan daha az olan çeşitli türlerde killer gelişir. 25°C-400°C aralığında ve yaklaşık 2-15 km derinliklere kadar duraylı olabilen fay killeri fay kayalarının litolojisine göre farklılık gösterirler. Bu çalışmada amacımız, aktif fay zonlarında sıkça görülen fay killerinin mineraloji ve makroskopik olarak

¹ Doç. Dr., Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Bölümü-Elazığ, Orcid:0000-0002-6804-6764

tanımlayabilmektir. Ayrıca, fay bölgelerinde yer alan süreçler hakkında fay kili mineralojisi ve jeokimyasından oluşumları, sonraki evreler hakkında tahmin geliştirmektir.

2. YÖNTEM

İnceleme alanının fay zonu olması sebebiyle, kil boyutu ince kesit veya ICP-MS gibi analizlerle belirlenemeyecek kadar küçük taneleri de içerir. Fay kilinin içeriğini belirleyebilmek için XRD (X-Ray difaktometre) analizi ve SEM kullanılmıştır.

XRD metodu; 22 mikron elek çapından geçecek kadar küçük toz taneler, 1-2 gram kadar olacak şekilde hazırlanır. Mümkün olduğunca az yönlendirme ile dik bir şekilde preslenir. Saf su ile süspansiyon edilen örnekten, tane boyutu 2 mikrondan büyük olanlar çöker, daha küçük olanlar yukarıda kalır ve su içerisinde bir ayrılma gelişir. Elementlere ait, her bir pik standart bir minerali karakteriz ettiği için, karşılaştırma ile mineral belirlenir.

Fay zonundan alınan ve kesit yapılamıyacak kadar toz tanelerinden oluşan kayaçların minerallerinin, dokusal ve morfolojik özelliklerinin belirlenilebilmesi amacıyla iki örnek üzerinde taramalı elektron mikroskop incelemeleri (SEM) yapılmıştır. Fırat Üniversitesi Merkez laboratuvarında gerçekleştirilen SEM ve XRD çalışması, yaklaşık 0.5 cm³'lik örneğin üst yüzeyi altınla kaplanmış ve daha sonra LO-435VP marka 0-300.000X büyütmeli taramalı elektron mikroskopta üç boyutlu görüntüleme alınarak incelenilmiştir.

Fay Zonu Litolojisi

Doğu Anadolu Bölgesi'nde güney kol, kuzey kol ve Karasu çukurluğu olmak üzere üç ana bölümden oluşan Doğu Anadolu fayı aktif tektonik hatlardan biridir (Duman ve Emre, 2013). Günümüzde etkinliğini sürdüren DAF'nın yıllık kayma hızı 9 ± 1 mm/yıldır (McClusky vd., 2000).

Uzunluğu yaklaşık 580 km olan bu fay üzerinde Bingöl-Karlıova, Ilıca, Elazığ-Palu, Malatya-Pütürge, Erkenek, Pazarcık ve Amanos segmentleri tanımlanmıştır (Köküm, 2019; Köküm ve İnceöz, 2018). Fay zonu içerisinde volkanik kayaçlar, asitik magmatitler, kumtaşı-şeyl, marn, çakıltası, resifal kireçtaşları, konglomera, kaba taneli kumtaşları ve akarsu çökelleri olan alüvyonlar gibi farklı köken ve kayaç yapısında litolojik birimler görülür. Fay zonu deformasyon ve tektonizmanın yoğun olduğu alanlar olduğundan kataklaz oluşumu da yaygındır. Fakat en önemli özellik fay kili çeşitliliği ve neomineralizasyondur. Litolojik birimlerin breşik boyutta malzemeleriyle iç içe alterasyon minerallerinin yoğunluğu dikkat çekicidir. Alterasyon türleri arasında çatlaklar ve boşluklar boyunca gelişen klorit ve epidot oluşumları, stilpnomelan, serizit, kalsit, kuvars sayılabilir (Kılıç ve İnceöz, 2015).

Fay Kili Mineralojisi

Kil mineralleri farklı sıcaklık ve basınç aralığında değişim gösterir. Ancak aynı sıcaklık ve basınç koşulları altında dahi değişiklik göstermesi pH ile ilgilidir (Robertson ve Wu, 1979). İnceleme alanı içerisinde belirlenen fay zonu kil mineralleri; Kaolinit, illit, montmorillonit ve klorittir.

Kaolinit kil minerali Perry and Hower (1970)'e göre derinlikle azalan bir özelliğe sahiptir. Yerkabuğunun üst seviyelerinde 100-200°C sıcaklık aralığında kararlıdır. Derinlikle kaolinit miktarının değişiminin bazı sebepleri vardır. Kaolinit minerali derinlik arttıkça, Mg ile kombinasyon yapar ve diğer fazlarla gelişen reaksiyon sonucu illit ve klorite veya kuvarsla reaksiyon sonucu propillite dönüşür (Velde, 1977). Hidrotermal alterasyon ürünü olan bu mineral, epimetamorfizma sırasında silikat minerallerinin alterasyonu sonucu gelişen minerallerin yapısına katılır (Şekil 3.1).

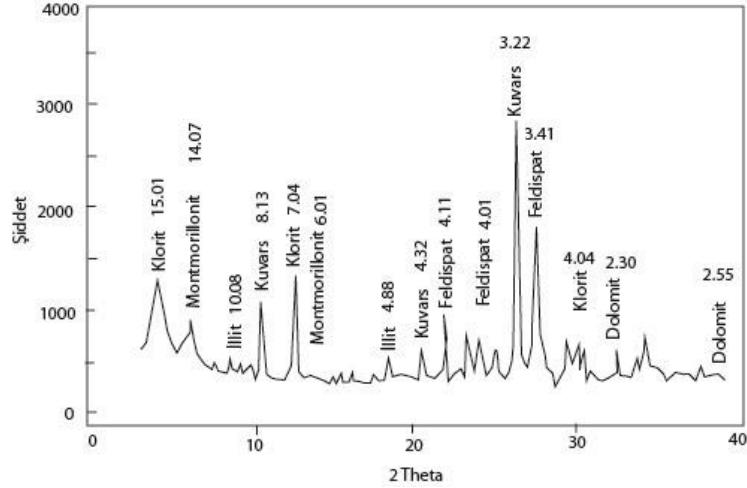
İllit, sedimanter kayaların en yaygın kil minerallerinden biridir. Artan sıcaklık ve basınç etkisiyle sedimanların illit içeriğinin arttığı görülür. Fay zonundan alınan fay kili örnekleri dışında diğer kayaç türlerinde de illit oluşumları mevcuttur. Bu mineral, ortalama 400°C sıcaklık ve 2 kb bir basınçta kararlıdır (Velde, 1977) (Şekil 3.2). Diyajenetik illit oluşumları, fayın kestiği litolojik birimlerden kireçtaşı ve bazik magmatiklerle ilişkilendirilirken, fay killerindeki illit oluşumları psödotaklitlerle veya hidrotermal alterasyonu ile ilişkilendirilir. Analizi yapılan örnekler içerisinde illit bileşimli kil mineralleri içeren sedimanter kayaların varlığı, illit mineralizasyonunun hem protolitten hemde hidrotermal süreçlerin fay zonu içerisindeki etkinliğinden kaynaklanmış olabileceğini gösterir.

Klorit, fay kayalarında yaygın olarak izlenen diğer bir kil mineralidir (Şekil 3.1). Özellikle kayaların çatlak ve oyuklarında yaygındır ve diğer alterasyon mineralleri ile birlikte izlenir. Düşük dereceli metamorfizma koşullarında sıkça gördüğümüz bu mineral, sedimanter kayalar içerisinde de mevcuttur. Klorit minerali fay kili örneklerinde en yaygın türlerden biridir (Şekil 3.1).

XRD ve SEM Analiz Verileri

Faylanma veya hidrotermal akışkanların etkisiyle oluşan kil örneklerinden XRD analizi yapılmıştır. Yapılan tüm kaya XRD analizi sonucunda içerisinde illit minerali bulunan 1262, 1286 ve 1477 m derinliğe ait örneklerden yapılan SEM analizi de benzer sonuçlar vermiştir (Şekil 3.2, Şekil 3.3). Bu örneklerde illit minerali yanında, klorit, kalsit, feldispat, kuvars, dolomit ve simektit mineralleri belirlenmiştir.

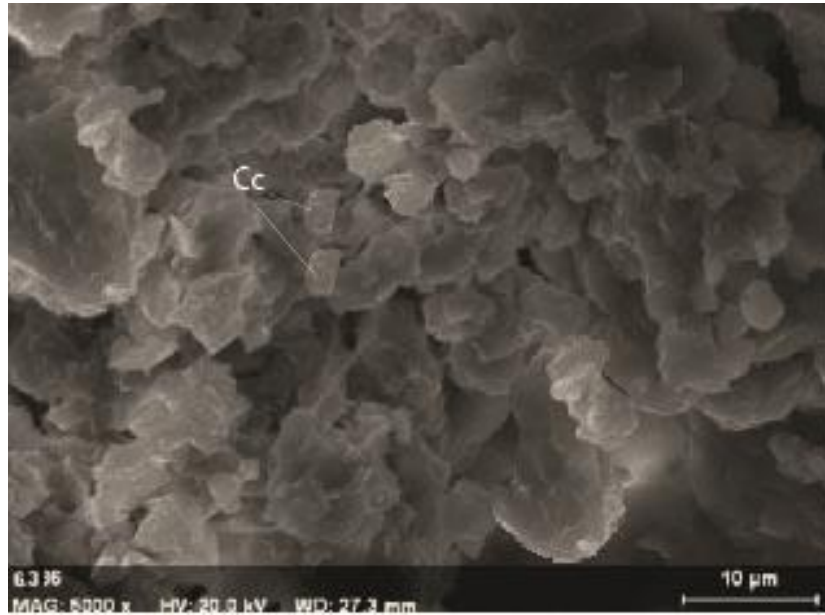
Şekil 4.1'de TK-12 ye ait XRD difraktogram verisi görülür. Örneğin XRD analizinde birincil mineral olarak 3.36, 4.24, 1.83 Å değerleri ile Kuvars minerali, 10.01, 3.62, 3.11, 2.52 Å değerleri ile illit minerali ve 14.0, 5.1, 4.47 Å değerleri ile de montmorilonit minerali belirlenmiştir (Şekil 3.1). Tektonik aktiviteye bağlı olarak yüzeye yükselen hidrotermal akışkanlar etkisiyle oluştuğu düşünülen fay killerinin önemli bir bölümünde deformasyon ve alterasyona bağlıdır.



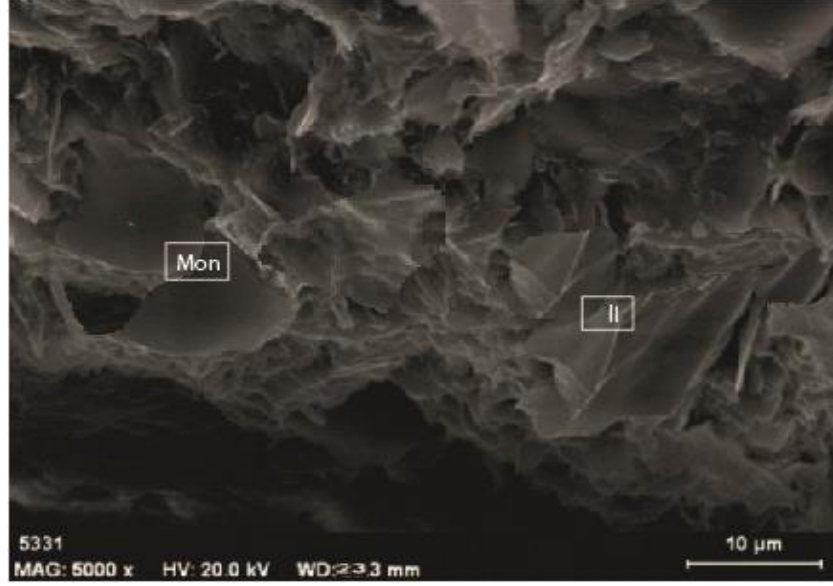
Şekil 3.1. Fay kili X-Ray Difraktometre grafiği

TM-1/7 nolu örneğe ait diğer bir SEM görüntüsünde de kalsit oluşumları görülür. Kalsitler tipik trigonal yapıdadır ve kümelenmiş bir haldedir. Alınan ölçümlerde karbonat alterasyonu sonucu kalsit minerallerinin geliştiği belirlenmiştir (şekil 3.2).

TK-1/2 nolu örneğin SEM görüntüsünde, montmorillonit (solda) ve illit (sağda) mineralleri görülmektedir. Tipik dalgalı, kıvrımlı ve yapraksı yapı gösteren montmorillonit minerali ile karakteristik levhamsı yapı gösteren illit minerali net görüntü vermektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. TM-1/7 örneğinin SEM görüntüsü ve kalsit(Cc) minerali



Şekil 3.3. TK-1/2 nolu örneğe ait SEM görüntüsü. Montmorillonit (Mon), İllit (Il).

3. SONUÇLAR

Fay zonları, breş, kataklaz, milonit ve fay kili gibi farklı fay kayalarının oluşumuna sebep olan mekanik ve tektonik etkileri barındırır.

İncelenen örneklerdeki porfiroklastlar ve yönlü dokunun gelişmesi, mineral alterasyonları, deformasyon mineralleri veya farklı görünüme sahip kıvrımların bulunması, neo-mineralizasyon, karbonat ve silis minerallerinin yaygınlığı fay zonu kayaç yapılarıdır. Doğu Anadolu fayı gibi büyük fay zonları muhtemelen daha az zayıf noktaları kesişimini kapsar ve gerilmeye karşı kayaç gruplarının gösterdiği tepkide farklılık gösterir.

Fay zonu tektoniğine bağlı olarak gelişen KD-GB doğrultulu fay ve çatlak sistemlerini içinde bulunduran DAF makaslanma zonu; Tektonizmaya bağlı olarak hidrotermal akışkanların ve kayaç alterasyonunun sonucu olarak farklı kil minerallerini kapsar. Fay zonu içerisinde illit, kaolinit, montmorillonit ve klorit belirlenmiştir.

Fay kili örneklerind yapılan X-Isınları difraksiyonu (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) verileri birbiriyle uyumlu olup, kalsit, feldispat, klorit, dolomit ve kuvars mineralleri mevcuttur. Fay kili fraksiyonu incelemelerinde, klorit ağırlıktadır ve illit ve montmorillonit minerallerinede rastlanılmıştır. İncelemeler sonucunda illitler, politipleri diyajenetik ve hidrotermal oluşumlarken, klorit ve montmorillonit hidrotermal kaynaklıdır.

KAYNAKÇA

Brindley, G.W. and Brown, G. (1980) X-Ray Diffraction Procedures for Clay Mineral Identification. In: Brindley, G.W. and Brown, G., Eds., *Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-Ray Identification*, Mineralogical Society, 305-356.

Duman, T. Y., Emre, Ö. (2013). *The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics*, Geological Society, London, Special Publications, 372.

Kılıç, A.D., İnceöz, M., (2015). Mineralogical, Geochemical and Isotopic Effect of Silica in Ultramafic Systems, Eastern Anatolian Turkey, *Geochemistry International*, 53, 4, 369–382.

Köküm, M. (2019). Landsat TM Görüntüleri Üzerinden Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Palu (Elazığ)-Pütürge (Malatya) Arasındaki Bölümünün Çizgisellik Analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (Güfbed/ Gustij)*, 9 (1): 119-127. DOI: 10.17714/gumusfenbil.419865.

Köküm, M., İnceöz, M. (2018). Structural analysis of the northern part of the East Anatolian Fault System. *Journal of Structural Geology* 114, 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2018.06.016>.

Mason, D. R. (1978). Compositional variations in ferromagnesian minerals from porphyry copper-generating and barren intrusions of the Western Highlands, Papua New Guinea. *Economic Geology*, 73 (5), 878-890.

McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M., Veis, G. (2000). Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, *J. Geophys. Res.*, 105 (B3), 5695-5719.

Perry, E. A., Hower, J., (1970). Burial diagenesis in Gulf Coast pelitic sediments. *Clay and Clay Mineralogy*, 18, 165-178.

Ramsay, J. G. (1980). Shear zone geometry: a review. *Journal of Structural Geology*, Vol. 2, No. 1/2, pp. 83 to 99.

Robertson, H. E., Lahann, R., Campbell, R.C., (1978). Montmorillonite/Illite transformation rates:effect of solution chemistry. *Clay Mineralogy Soc. Abs.*, 56.

Sibson, R. H. (1977). Fault rocks and fault mechanisms, *Journal of the Geological Society*, 133(3), 191-213.

Velde, B., (1977). Clay and clay minerals in natural and synthetic systems, Elsevier, N.Y.

Wheeler, J., (1987). The significance of grain-scale stresses in the kinetics of metamorphism. Contrib Miner Petrol., 17, 397–404

Gold-Assisted Large-Scale Exfoliation of Bismuth Triiodide Ultrathin Layers

Aydan Yeltik¹

Felix Deschler²

Introduction

Remarkable advances in optoelectronics over the past decade have significantly directed the scientific focus to exploring new 2D materials with unique optical, electronic and excitonic properties (Tang and Zhou, 2013: 1244-1315; Miro et al., 2014: 6537-6551; Xu et al., 2013: 3766-3790; Xue et al., 2017: 1-20; Khan et al., 2020: 387-428). Various intriguing properties of 2D materials have been revealed to date, endowing great potential for significant applications in energy, electronics and photonics (Tan et al., 2014: 25836-25840; Zhang et al., 2015: 2-3; Jiao et al., 2015: 2683-2685; Tan et al., 2017: 6225-6328; Tan et al., 2020: 2-18). Furthermore, the van der Waals type 2D hetero-structures have proven successful for a number of ultrathin and flexible device applications (Cheng et al., 2018: 2-11; Liu et al., 2016: 3-15). However, their practical applications are still limited owing to some inappropriate characteristics such as the lack of bandgap or too large bandgap, stability and toxicity issues (Zhou et al., 2007: 2-5; Tang et al., 2011: 1-6; Ke and Kanatzidis, 2019: 1-4). Therefore, the search for novel 2D structures is of paramount importance for next generation nanodevices. Over the past decade, diverse approaches have been developed to exfoliate layered materials to produce monolayer and ultrathin-layer nanosheets, such as ion intercalation/exchange, liquid exfoliation that involves oxidation and metal-assisted mechanical exfoliation (Nicolosi et al., 2013: 1-18; Paton et al., 2014:1-6; Desai et al., 2016: 1-5; Huang et al., 2020: 1-8).

Bismuth triiodide (BiI_3) is a typical metal halide to be used in optoelectronic applications, particularly as light absorbing layer in solar cells, owing to the favorable properties such as high defect tolerance, high structural strength, low toxicity, high absorption coefficient and wide diffusion length (Jellison et al., 1999: 1-4; Yorikawa and Muramatsu, 2008: 2-5; Brandt et al., 2015: 1-5). The layered 2D crystal structure of BiI_3 is built from BiI_6 octahedra (Brandt, 2015: 4298). Bi atoms are symmetrically coordinated by iodine atoms, exhibiting an ABC stacking order and ionic Bi-I bonding within the layers along with weak van der Waals interaction between layers. Monolayer BiI_3 structure has bismuth atomic planes located between iodide atomic planes, yielding the sequence of I–Bi–I. It can be inferred from the computed dispersion relation that bulk BiI_3 has an indirect bandgap of about 1.75 eV (Brandt, 2015: 4298-4299) (and a direct optical transition slightly higher in energy), which was also confirmed experimentally (Podraza et al., 2013: 2-8). The electronic structure of BiI_3 nanosheet together with the DOS distribution refers to an indirect semiconductor with a bandgap of 1.57 eV, which was calculated by the incorporation of SOC contribution (Ma et al., 2015: 1-6). Meanwhile, the

¹ Aydan Yeltik, Dr., TOBB University of Economics and Technology, Material Science and Nanotechnology Engineering.

² Felix Deschler, Dr., Technical University of Munich, Department of Physics.

BiI_3 thin films and flakes have been synthesized using various methods including thermal evaporation and physical vapor deposition (Fornaro et al., 2004: 2). It is highly beneficial to explore the BiI_3 nanostructures for gaining insight into the properties at the atomic scale; however, single-layer BiI_3 nanosheet has not been synthesized yet. Thus, more detailed experimental investigation on its properties may enhance our understanding to their intrinsic characteristics and provide useful guidelines for the synthesis of mono/multilayer(s), facilitating their practical applications.

In this study, large-scale ultrathin 2D BiI_3 crystal layers have been reported, to the best of our knowledge, for the first time in the literature. Metal-assisted exfoliation method was utilized to obtain the BiI_3 structures with the thickness of about 4 nm and the lateral size of tens of microns. Systematic investigation of the material properties was also conducted using diverse spectroscopy and microscopy techniques. In addition, the optimum gold layer thickness was determined to be 100 nm, as observed from transition metal dichalcogenides (TMDs). It is anticipated that the suggested metal-assisted induced-strain based physical approach will make it possible to produce high quality 2D nanomaterials with large lateral area. Our work provides a facile route for exfoliation of ultrathin pure single BiI_3 nanosheets from the bulk phase, which may reveal its great potential in optoelectronics and photovoltaics.

Methods

Growth of BiI_3 crystal flakes: The BiI_3 powder was purchased from Sigma-Aldrich and used without further purification. Physical vapor transport technique was utilized for the crystal growth. A charge of 5 g BiI_3 powder was loaded into a properly cleaned glass ampoule, which was later vacuumed and sealed in argon atmosphere. The ampoule end with BiI_3 powder was placed at 310 °C and the other end was placed at room temperature. The growth time was determined as 7 days for 5 g of powder. After that, the furnace was cooled down at a rate of 1 °C/min. Many tiny crystals, needles and platelets were found to stack up together in the ampoule where the temperature was measured to be around 230 °C, which is the growth temperature of the single crystal platelets. The platelets were separated from the polycrystalline mixture by using tweezers. The typical platelet has a surface area of 10 - 20 mm² and a thickness of 100 - 150 μm.

Metal-assisted exfoliation of BiI_3 ultrathin layers: A thin gold layer was evaporated on bulk crystal surface already located on an adhesive tape. After that, the uppermost layers were peeled off by using a thermal tape to obtain the thermal-tape/gold-layer/multilayer- BiI_3 structure. It was later located on a SiO_2/Si substrate treated with O_2 plasma to increase the surface energy. The thermal tape was then released at around 110 °C using a hot plate on which the structure was put. The gold film is etched using the standard $\text{KI}/\text{I}_2/\text{H}_2\text{O}$ -based gold etchant including potassium iodide (KI: 21%) and iodine (I_2 : 8%) wet etch (Transene gold etch - type TFA for 4 min). Final cleaning step was applied by rinsing the sample with acetone and isopropyl alcohol for 10 min to remove residues. Following these steps, large-area ultrathin BiI_3 layers on SiO_2/Si substrate were observed.

Standard adhesive tape based exfoliation of BiI_3 nanosheets: Thin crystals were first peeled off from their bulk crystals by using adhesive tape. These freshly cleaved thin crystals on the tape were brought into contact with 300 nm SiO_2 on Si substrate and rubbed 4-5 times for further cleaving. After removing the tape, multilayered thinner nanosheets left on the substrate.

Characterization: AFM measurements were carried out using Asylum system with standard tapping mode tip. Steady-state absorption spectroscopy was done using Thermo Fisher Scientific UV-Vis spectrophotometer. WITec system including a continuous wave laser with an output photon energy of 3.06 eV (405 nm) was used to investigate the steady-state PL characteristics. Optical images were collected via a Zeiss standard light microscope. Raman spectroscopy measurements were conducted using a Horiba Scientific spectrometer including 532 nm laser source.

Results and Discussions

Bulk BiI_3 single crystal flakes with the lateral size of about 5 mm were growth using physical vapor transport (PVT) method. Figure 1(a) shows the optical microscopy image of a crystal flake utilized in this study. Absorption and photoluminescence (PL) spectra of the BiI_3 crystals are presented in Figure 1(b), in which the absorption edge is matching well with the PL peak energy of 1.77 eV, which is consistent with the literature value of about 1.79 eV (Brandt, 2015: 4299). In addition, scattered light interference pattern was observed by stimulation at relatively high power from the flakes encapsulated in glovebox, which indicates high crystallinity of the BiI_3 layered structure.

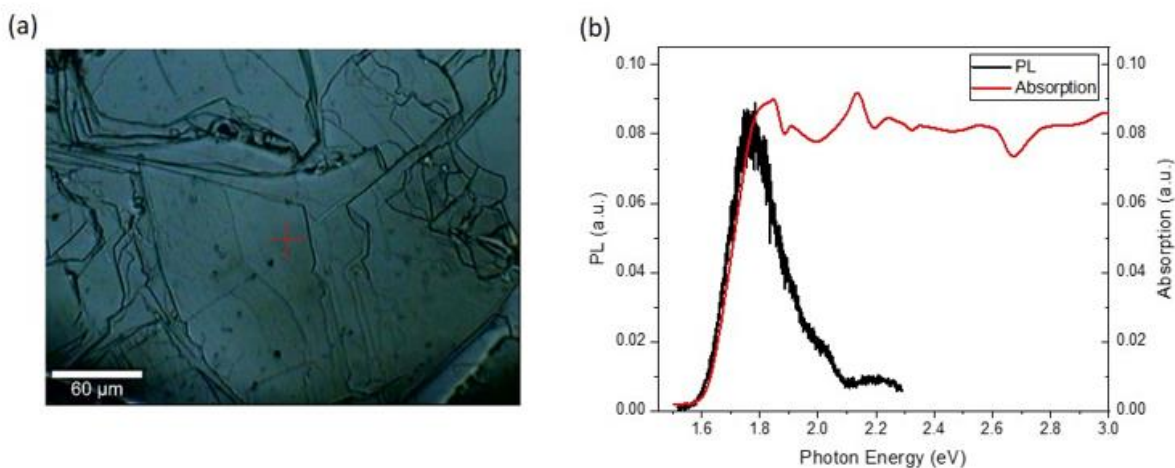


Figure 1. (a) An optical microscopy image, and (b) PL and absorption spectra of bulk BiI_3 crystals growth via physical vapor transport.

Gold-assisted exfoliation method was used to obtain ultrathin layers of the crystals in a more controlled manner compared to standard adhesion based exfoliation. The degree of toughness of the metal film and the lattice mismatch with the crystal might implement enough strain to peel off the uppermost crystal layer(s), which is the phenomenon discussed before in the literature for TMDs (Zhou et al., 2016: 1-9). Considering this perspective, in this study, we could exfoliate BiI_3 ultrathin layers with the size of tens of microns on SiO_2/Si substrates, as observed from the optical microscopy images in Figure 2. The method worked properly with these crystals because there is high lattice mismatch between BiI_3 and gold, and thus an adequate amount of strain is involved in the system to exfoliate the uppermost layers. Thickness dependent stiffness of the Au layer is another parameter of this method to enhance the yield. Therefore, various Au layer thicknesses were used to obtain the

optimum value. As observed from the structures shown in Figure 2(a-c) with the gold layer thickness of 25 nm, 40 nm and 60 nm, respectively, the thicknesses smaller than 100 nm yielded less effectiveness in terms of scalability, integrity, and also reproducibility. Conversely, Figure 2(d-f) shows that the BiI₃ layers obtained using 100 nm thick Au layer provide higher material quality, as observed from the images acquired from different samples in the study.

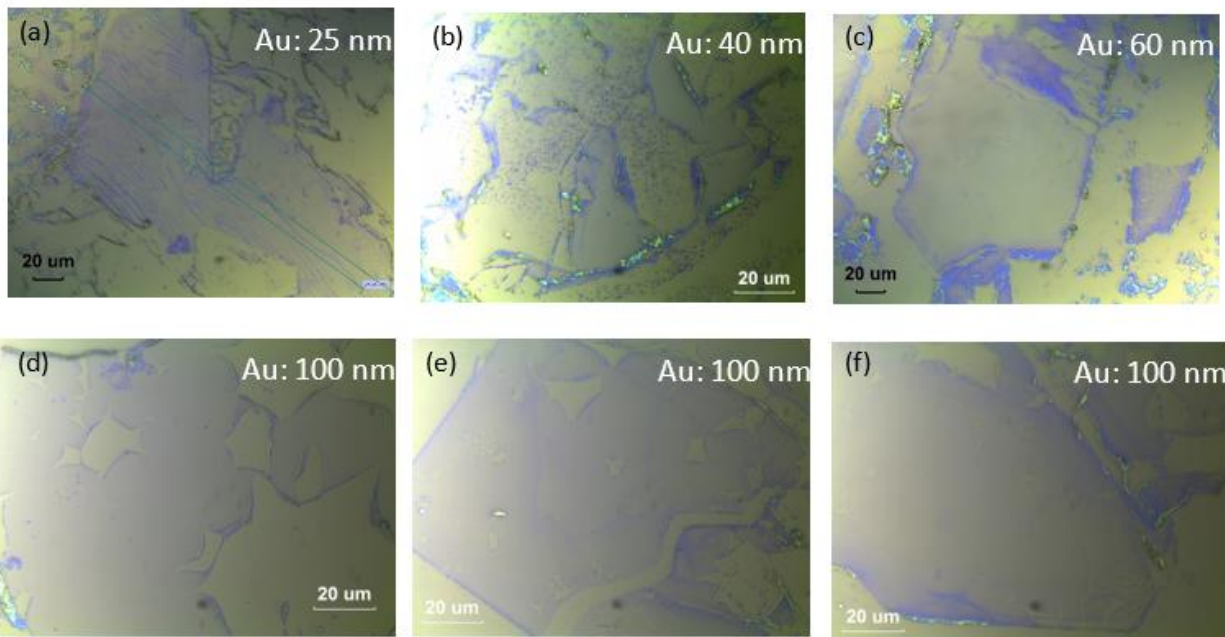


Figure 2. Optical microscope images of BiI₃ layers exfoliated via gold-assisted method using gold layer thickness of (a) 25 nm, (b) 40 nm, (c) 60 nm, and (d-f) 100 nm from different samples.

Structural analyses of the BiI₃ ultrathin layers have been carried out in terms of thickness using atomic force microscopy (AFM). Figure 3 (a-b) shows the AFM images of the layers obtained using the Au layers with the thickness of less than and equal to 100 nm, respectively. It was inferred that approximately five-layered BiI₃ structures with a thickness of about 4 nm could be produced, as seen from the corresponding height profiles in Figure 3(c-d). However, structural quality of the layers is observed to be better for those yielded with the help of 100 nm thick gold layer. Overall, the AFM analyses confirm the results from the optical images. Furthermore, the exfoliation of BiOI and (BA)₂PbI₄ crystals was also performed; however, the method didn't work properly enough with these crystals owing to the intrinsic material properties and probably lower strain induced over the crystal layers.

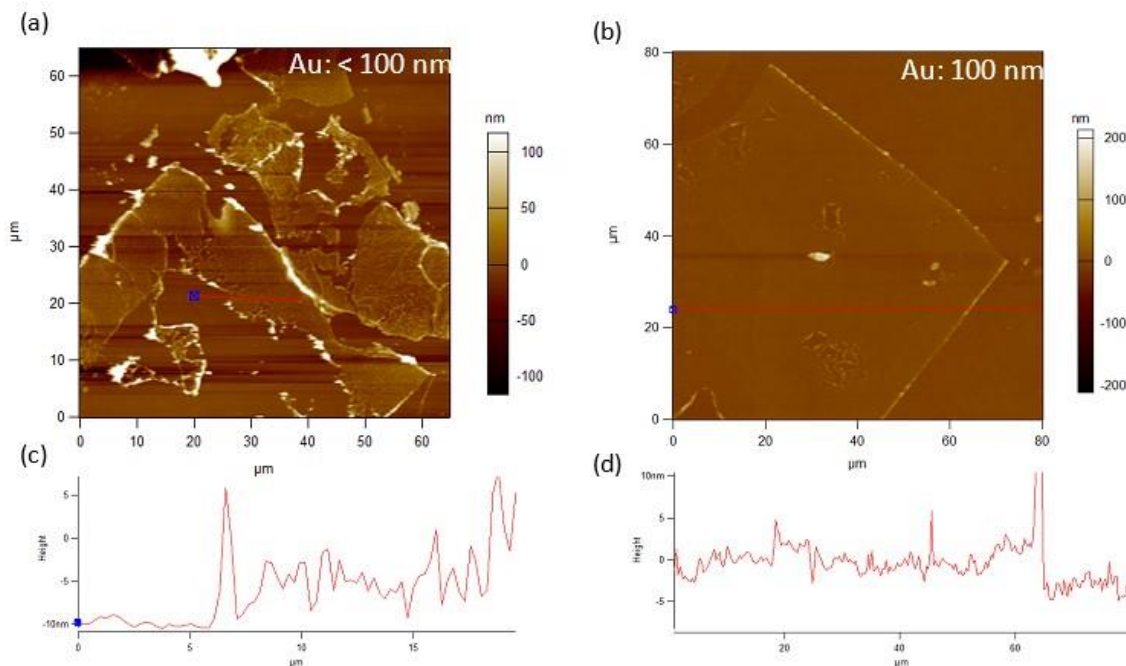


Figure 3. AFM images of BiI₃ layers exfoliated through metal-assisted method with the gold thickness of (a) < 100 nm and (b) 100 nm, and the corresponding height profiles in (c-d).

Raman spectroscopy measurements for further analyses of the reported BiI₃ layers have been also conducted. As shown in Figure 4(a), Raman peaks were observed at around 88, 107, 155 and 178 cm⁻¹ as pointed in the inset figure, which is in good agreement with the literature values and indicates that the material did not deteriorate during the exfoliation process (Jain et al., 2018: 2-9). PL spectroscopy analyses have been also performed using the exfoliated BiI₃ samples followed by TFSI superacid treatment and encapsulation in glovebox. The optical microscopy image of the representative sample is presented in Figure 4(b). The PL spectra collected from the regions indicated as green and red points in the figure are shown separately in Figure 4(c). Compared to the intensity collected from the thicker crystal (red), it was observed that the PL intensity from the thin layer increased and shifted to higher energy region of the spectrum as seen from the figure. PL and peak position maps given in Figure 4(d) and 4(e), respectively, also confirm these results. However, as it was reported in the aforementioned theoretical study that single BiI₃ layers have indirect band structure, further systematic studies are needed to come to a robust conclusion (Ma et al., 2015: 2-6). In addition, as above-mentioned, it was observed that the layered structure of BiI₃ is behaving as a distributed Bragg reflector when the crystals are analyzed at high-power stimulation regime. Thus, it is of great significance to discriminate scattered light contribution from the PL of these samples.

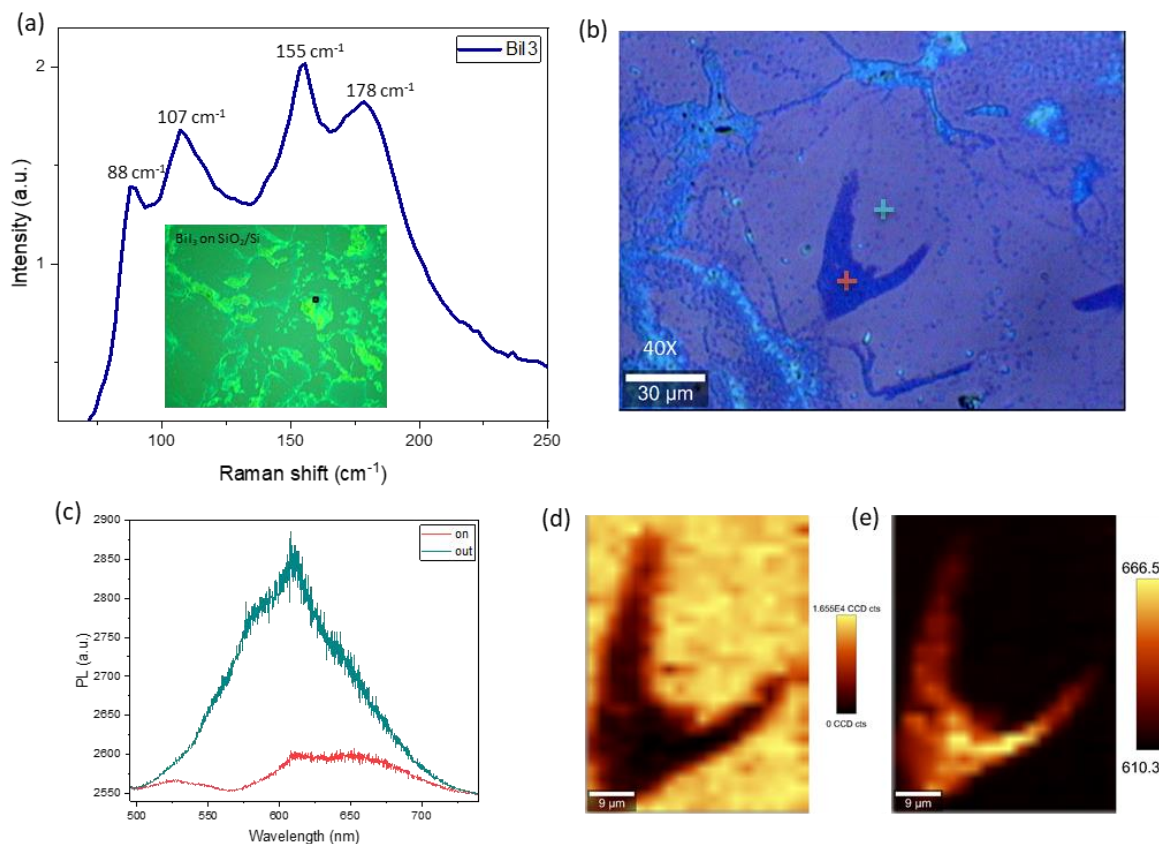


Figure 4. (a) Raman spectrum of the exfoliated BiI₃ sample together with the corresponding optical image (inset). (b) Optical microscopy image of the representative exfoliated BiI₃ sample encapsulated in glovebox. (c) PL spectra collected from the thick and thin layers pointed in (b). Maps of (d) the PL intensity and (e) the peak wavelengths over the area in (b).

To make an appropriate comparison, classical adhesion based method followed by sonication for around 1 minutes was also utilized to exfoliate BiI₃ crystal layers. Figure 5(a,b) shows an AFM image and the corresponding height profile from a BiI₃/SiO₂/Si sample. Optical image of the sample is also presented in the inset of Figure 5(a). It can be concluded from the height profile through the red line in (a) that there are thin layers with the thickness of about 40 nm, which corresponds to BiI₃ multilayers. Figure 5(c,d) further shows an AFM image and the corresponding height profile from another exfoliated BiI₃ on SiO₂/Si substrate. It is inferred from the profile that there exist thin and thicker layers together in the sample. As a result, the standard exfoliation method utilized for various optoelectronic materials so far is much less efficient for BiI₃ crystals when compared to the gold-mediated exfoliation.

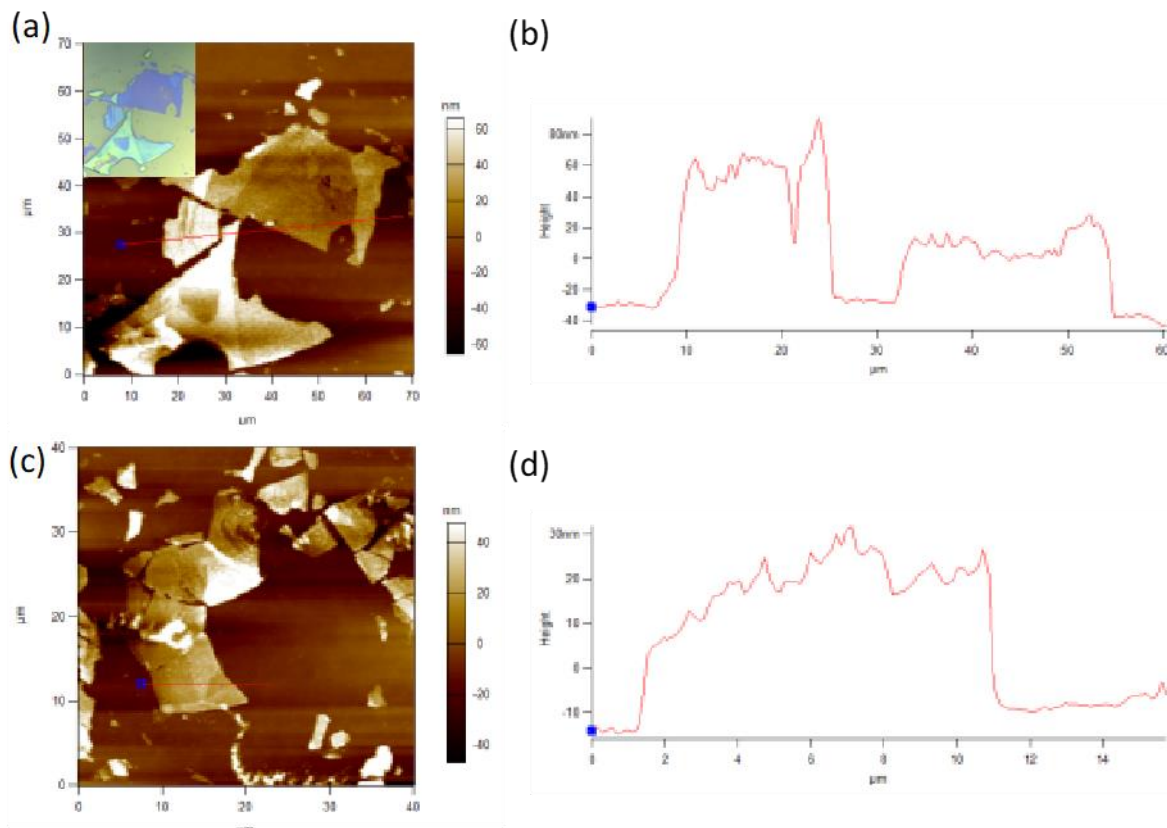


Figure 5. (a,c) AFM images from different $\text{BiI}_3/\text{SiO}_2/\text{Si}$ samples with (b,d) the corresponding height profiles. The inset figure in (a) is the optical image of the respective region.

To sum up, ultrathin BiI_3 crystal layers with large-area of tens of microns have been reported for the first time in this study. Gold layer thickness was determined as another effective parameter considering the stiffness of metal layer and the optimum value was defined as 100 nm, which is similar to that for 2D TMDs. Thickness control of the crystal nanosheets is anticipated to be able to realize by varying the metal used in the metal-assisted exfoliation process, considering the amount of stress induced in the uppermost crystal layers. This study may pave the way for understanding the underlying characteristics of BiI_3 crystal from the fundamental building blocks and for exploring a universal production strategy of large-area high-quality 2D materials in optoelectronic applications.

Acknowledgements: A.Y. gratefully acknowledges the support by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) BIDEB 2219 and ARDEB 1001 [#121M601].

References

- Chaoliang Tan, X. C.-J.-H. (2017). Recent Advances in Ultrathin Two-Dimensional Nanomaterials. *Chemical Reviews*, 6225–6331.
- Fengxian Ma, M. Z. (2015). Single Layer Bismuth Iodide: Computational Exploration of Structural, Electrical, Mechanical and Optical Properties. *Scientific Reports*, 1-10.
- G. E. Jellison, J. O. (1999). Optical functions of BiI₃ as measured by generalized ellipsometry. *Physical Review B*, 9718-9721.
- H Yorikawa, S. M. (2008). Theoretical study of crystal and electronic structures of BiI₃. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 1-7.
- Jinbing Cheng, C. W. (2018). Recent Advances in Optoelectronic Devices Based on 2D Materials and Their Heterostructures. *Advanced Optical Materials*, 1-15.
- Karim Khan, A. K. (2020). Recent developments in emerging two-dimensional materials and their applications. *Journal of Materials Chemistry C*, 387-440.
- L. Fornaro, A. C. (2004). Growth of Bismuth Tri-Iodide Platelets for Room Temperature X-ray Detection. *IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE* (s. 1-5). Uruguay: IEEE .
- Mingsheng Xu, T. L. (2013). Graphene-Like Two-Dimensional Materials. *Chemical Reviews*, 3766-3798.
- Nikolas J. Podraza, W. Q. (2013). Band gap and structure of single crystal BiI₃: Resolving discrepancies in literature. *Journal of Applied Physics*, 1-9.
- Paton, K. R. (2014). Scalable production of large quantities of defect-free few-layer graphene by shear exfoliation in liquids. *Nature Materials*, 1-7.
- Pere Miro', M. A. (2014). An atlas of two-dimensional materials. *Chemical Society Reviews*, 6537-6554.
- Qing Tang, Z. Z. (2011). Molecular Charge Transfer: A Simple and Effective Route To Engineer the Band Structures of BN Nanosheets and Nanoribbons. *The Journal of Physical Chemistry C*, 18531–18537.
- Qing Tang, Z. Z. (2013). Graphene-analogous low-dimensional materials. *Progress in Materials Science*, 1244–1315.
- Riley E. Brandt, R. C. (2015). Investigation of Bismuth Triiodide (BiI₃) for Photovoltaic Applications. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 4297-4302.

S. Y. Zhou, G.-H. G.-H. (2007). Substrate-induced bandgap opening in epitaxial graphene. *Nature Materials*, 770-775.

Sagar M. Jain, D. P. (2018). An effective approach of vapour assisted morphological tailoring for reducing metal defect sites in lead-free, (CH₃NH₃)₃Bi₂I₉ bismuth-based perovskite solar cells for improved performance and long-term stability. *Nano Energy*, 614-624.

Shengli Zhang, Z. Y. (2015). Atomically Thin Arsenene and Antimonene: Semimetal–Semiconductor and Indirect–Direct Band-Gap Transitions. *Angewante Chemie*, 1-5.

Sujay B. Desai, S. R. (2016). Gold-Mediated Exfoliation of Ultralarge Optoelectronically-Perfect Monolayers. *Advanced Materials*, 4053–4058.

Teng Tan, X. J. (2020). 2D Material Optoelectronics for Information Functional Device Applications: Status and Challenges. *Advanced Science*, 1-25.

Valeria Nicolosi, M. C. (2013). Liquid Exfoliation of Layered Materials. *Science*, 1420-1440.

Weijun Ke, M. G. (2019). Prospects for low-toxicity lead-free perovskite solar cells. *Nature Communications*, 1-4.

Xin Tan, C. R. (2014). Metallic BSi₃ Silicene: A Promising High Capacity Anode Material for Lithium-Ion Batteries. *Journal of Physical Chemistry C*, 25836–25843.

Yalong Jiao, F. M. (2015). Versatile Single-Layer Sodium Phosphidostannate(II): Strain-Tunable Electronic Structure, Excellent Mechanical Flexibility, and an Ideal Gap for Photovoltaics. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 2682–2687.

Yinghui Xue, Q. Z. (2017). Opening Two-Dimensional Materials for Energy Conversion. *Advanced Energy Materials*, 1-23.

Yuan Huang, Y.-H. P.-H.-L.-Q.-D.-J.-M.-L.-W.-H. (2020). Universal mechanical exfoliation of large-area 2D crystals. *Nature Communications*, 1-9.

Yuan Liu, N. O.-C. (2016). Van der Waals heterostructures. *Nature Reviews*, 1-17.

Yuzhi Zhou, D. K. (2016). Compliant substrate epitaxy: Au on MoS₂. *Physical Review B*, 1-10.

Tünel Aydınlatması Hesaplarında Standartların Kullanımı ve Önemi

Canan PERDAHÇI¹

Onur HASANOĞLU²

Ziya DORUK³

Giriş

Tünel aydınlatması, emniyetli tünel ulaşımının sağlanması için önemlidir. Tünel aydınlatmasının olmadığı veya yetersiz olduğu tünellerde trafik kazası olma riski oldukça fazladır. Bu yüzden tünel aydınlatmasının uluslararası geçerliliği olan standartlar dikkate alınarak yapılması gerekmektedir.

Tünel aydınlatması hesaplarının yapılabilmesi için uluslararası tünel aydınlatma standartlarından (CIE 88:1990, CIE 88:2004) yararlanır. Bu standartların yanında Avrupa ülkelerinde tünel aydınlatmasında kullanılan Avrupa Tünel Aydınlatması Şartnamesinden de yararlanılmaktadır.

Uluslararası Standartlar ve Avrupa Tünel Aydınlatması Şartnamesine göre aydınlatma hesapları yapılan tüneller trafik güvenliği açısından çok daha güvenilir olacaktır.

Bu çalışma ile tünel aydınlatma hesapları için yapılması gerekenler uluslararası standartlar ve Avrupa Tünel Aydınlatması Şartnamesi dikkate alınarak açıklanacaktır. Böylelikle tünel aydınlatması hesaplarında bir rehber niteliği taşıyan çalışmamız ile çok daha doğru ve standartlara bağımlı tünel aydınlatması hesapları yapılmasına katkı sunulacaktır.

Yöntem

Tünel aydınlatması hesaplarının yapılabilmesi için dikkat edilmesi gereken ayrıntılar vardır. Bu ayrıntılar derlenirken Uluslararası Standart olan CIE 88:1990 ve CIE 88:2004 standartlarından yararlanılmıştır. Bu standartların yanı sıra tünel aydınlatmasında Avrupa ülkelerinde oldukça yaygın kullanılan Avrupa Tünel Aydınlatması Şartnamesinden de yararlanılmıştır.

1. Tünel Aydınlatmasının Amacı ve Tünel Aydınlatmasında Dikkat Edilmesi Gerekenler

Tünel aydınlatmasının en temel amacı, belirli bir tasarım hızında tüm zaman dilimlerinde devamlı olarak akan trafiğin tünelin dışında olduğu gibi tünelin içinde de aynı

¹ Canan PERDAHÇI, Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Anabilim dalı

² Onur HASANOĞLU, Elektrik Mühendisi., Kocaeli Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Anabilim dalı

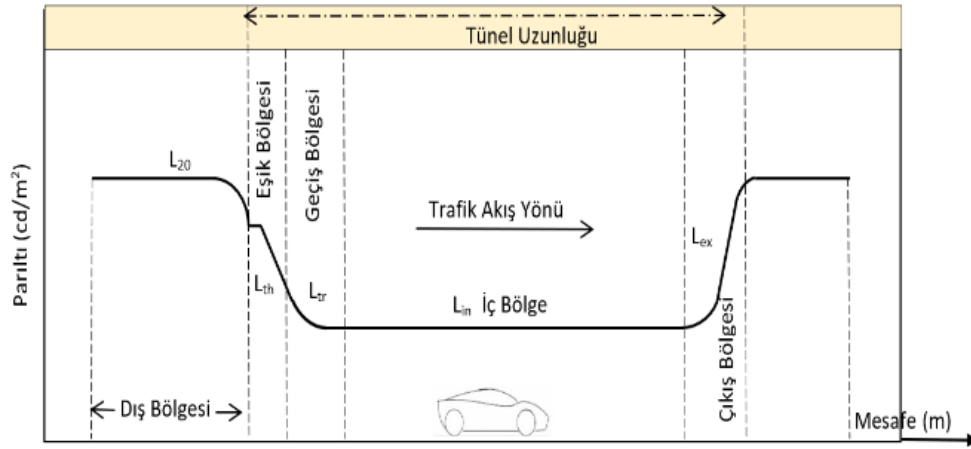
³ Ziya DORUK, Yüksek İç Mimar., Mavi Giyim A.Ş

emniyet ve rahatlıkla geçmesini sağlamaktır. Tünel aydınlatması ile araç sürücüsü görüş alanı boyunca güven ve emniyet duygusu hissetmelidir (CIE88:1990,1990:3-6).

Tünel aydınlatmasında,

- Yol ve Tünel duvarlarında oluşan parıltı (nit) değeri, Yol boyunca parıltının eşit ve düzgün dağılımı,
 - Kamaşma faktörünün en küçük değere indirilmesi kontrolü,
 - Işık titremesinin yok edilmesinin sağlanması
- Durumlarına dikkat edilmesi gerekmektedir.

2.Tünel Aydınlatmasında Bölgeler



Şekil 1. Tünel Aydınlatmasında Bölgeler (CIE88:2004,2004:5)

Tünele girmeden önceki gündüz güneş ışığı parıltı değerinin tünelin içindeki parıltı değerinden çok daha yüksek olması, insan gözünün tünele girerken adaptasyonunu olumsuz etkiler. Bu nedenle, tünel aydınlatması projesi hesaplarında tünelin dışındaki ve tünelin içindeki parıltı değeri farkının büyük olmaması gerekir.CIE 88:2004 Standardına göre tünel beş bölgeden oluşmaktadır. Bunlar dış bölge, eşik bölgesi, geçiş bölgesi, iç bölge ve çıkış bölgesidir. Gündüz saatlerinde tünelin dışı ile tünelin içindeki parıltı değerleri arasındaki fark fazla olduğundan, tünel aydınlatması proje hesapları yapılırken standartlardaki bölgelere ait olan değerler dikkate alınmalıdır. Sürücünün emniyetli, güvenli ve sağlıklı yolculuk yapması sağlanmalıdır (CIE88:1990,1990:4), (Perdahçı,2014:1-3)

2.1 Dış Bölge

Tünelin uzunluğu, eşik bölgesi, geçiş bölgesi, iç bölge ve çıkış bölgesinin uzunluklarının toplamıdır. Dış bölge ise eşik bölgesine girmeden önceki mesafedir (CIE88:1990,1990:5).

Tünel aydınlatması hesaplarının yanlış yapıldığı, parıltının standartlara uygun olmadığı veya aydınlık düzeyinin yetersiz olduğu dış bölgede, araç sürücülerinin tünele

yaklaşmasıyla birlikte kara delik etkisi meydana gelir. Bu nedenle, sürücünün tünel girişinde kara delik etkisi ile yavaşlamak istemesi birçok kazaya sebebiyet verir. Tünel aydınlatmasının aydınlatma hesaplarını etkileyen en önemli parametresi, dış bölgenin parıltı değeridir (L_{20}) (CIE88:1990,1990:5).

Dış bölgenin parıltısı, tünelin uzunluğunun dörtte biri yüksekliğinde tünele yaklaşan araç sürücüsünün gözünden 20 derecelik bir açının uç noktalarını bütünleştirerek koniğe benzer şekil oluşturan bölgenin ortalama parıltı değeridir (CIE88:1990,1990:5).

2.2 Eşik Bölgesi

Eşik bölgesi tünelin girişinin ilk bölgesidir. Eşik bölgesinin parıltı değeri L_{th} ile ifade edilir ve dış bölgenin parıltı değerine bağlıdır. Eşik bölgesinin uzunluğu fren mesafesine göre belirlenir. Fren mesafesi, sürücünün güvenli bir şekilde durabilmesi için takip ettiği araç ile arasındaki mesafedir (İZBEK, 2007). Fren mesafesi tünel içerisinde izin verilen en büyük trafik hızına göre değişim gösterir [1,2,5]. Tünel için izin verilen en büyük trafik hızını ise tünelin yapısı, coğrafi koşulları ve bulunduğu konum etkiler (CIE88:1990,1990:6), (Perdahçı,2014:1-3).

2.3 Geçiş Bölgesi

Tünelin eşik bölgesinden sonra gelen bölgedir. Geçiş bölgesi parıltısı L_{tr} ile ifade edilmektedir. Geçiş bölgesinin parıltı değeri eşik bölgesi parıltı değerinden küçük, iç bölgenin parıltı değerinden büyüktür. [Geçiş bölgesinin parıltı değeri, tünelin eşik bölgesi parıltı değerinden iç bölgesi parıltı değerine geçişi sağlamak için kademeli olarak düşürülmektedir. Geçiş bölgesinin uzunluğu, tünel için belirlenen en büyük trafik akış hızına göre ve eşik bölgesinin sonunda bulunan parıltı değeri ile iç bölgenin girişinde bulunan parıltı değerleri arasındaki farka göre belirlenir (CIE88:1990,1990:6).

2.4 İç Bölge

İç bölge, geçiş bölgesinden sonraki bölgedir. İç bölgede parıltı değeri, tüm iç bölge uzunluğu boyunca sabit bir değerde kalmalıdır,(Perdahçı,2014:1-3). İç bölgenin parıltısı. L_{in} ile ifade edilir. (CIE88:1990,1990:8)

2.5 Çıkış Bölgesi

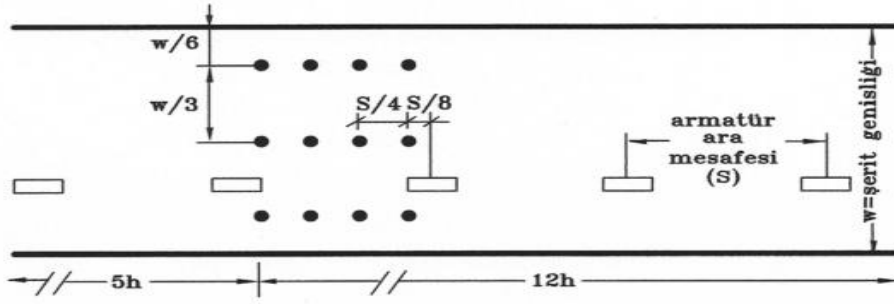
Çıkış bölgesi, tünelin çıkışında yer alan bölgedir. Bundan dolayı tünelin çıkışındaki ışıktan etkilenir. Çıkış bölgesinde görülebilirlik ve rahatlığa dikkat edilmesi gerekir. Sürücü, çıkış bölgesindeyken tünelin çıkışında bulunan ışıltı nedeniyle nesnelere görebilir. Fakat çıkış bölgesinde yoğun trafik olduğunda fren mesafesi korunamamaktadır. Bu nedenle önde giden aracın ani hareketinin algılanması zorlaşacağı için çıkış bölgesinin parıltı hesaplarına dikkat edilmelidir (CIE88:1990,1990:9)

3. Tünel Aydınlatmasında Kontrast

Tünel aydınlatmasında yüksek parıltı kontrastı, bir nesnenin veya araçların daha iyi görünmesini sağlamaktadır. Tünel içerisinde yüksek parıltı kontrastı tünel duvarlarının ve yol yüzeyinin yansımaya faktörüne bağlıdır. Kontrast değeri L/E_V oranı arttıkça artmaktadır. L/E_V oranı, parıltı değeri (L) ile doğru, düşey aydınlık düzeyleri (E_V) ile ters orantılıdır. Tünel içerisinde L/E_V oranının yüksek

olduğu ve ışık dağılımı asimetrik olarak araç sürücüsüne doğru olan aydınlatma sistemine zıt-yönlü aydınlatma sistemi denir. L/E_V oranı düzgün ızgara adı verilen uygulama ile hesaplanabilmektedir (CIE88:1990,1990:10).

3.1 Düzgün Izgara Uygulaması



Şekil 2. Düzgün ızgara yöntemi (CIE88:1990,1990:10)

Şekil 2'de W =Şerit genişliği, S =Armatürler arası mesafe h armatür montaj yüksekliğidir. Düzgün ızgara yönteminde, iki aydınlatma armatürü arasına 3 adet yol dikine, 4 adet yol boyuna olmak üzere toplamda 12 nokta tanımlanır (Bkz. Şekil 2) . Bu her nokta için parlıltı değerleri ve aydınlık düzeyleri ölçülür. Ölçüm sonucunu etkileyen armatürlerin belirlenmesi için dikkat edilmesi gereken sınırlar vardır. Bu sınırlar ölçümü yapılacak noktanın önünden tünel yüksekliğinin 5 katı kadar uzaklık ile, arkasından tünel yüksekliğinin 12 katı kadar uzaklıktır (CIE88:1990,1990:11).

Ölçüm yapıldıktan sonra tüm noktaların, L/E_V oranı hesaplanır. L/E_V oranının en küçük olan noktanın değeri, aydınlatma sisteminin asimetrisinin değeridir (CIE88:1990,1990:11).

Aydınlatma sistemleri L/E_V oranına göre belirlenir. Tablo 1'de aydınlatma sistemlerinde olması gereken L/E_V oranı değerleri verilmiştir.

Tablo 1- Aydınlatma Sistemleri (CIE88:1990,1990:11).

Aydınlatma Sistemi	L/E_V Oranı
Simetrik Aydınlatma Sistemi	≤ 0.2
Zıt Yönlü Aydınlatma Sistemi	≥ 0.6

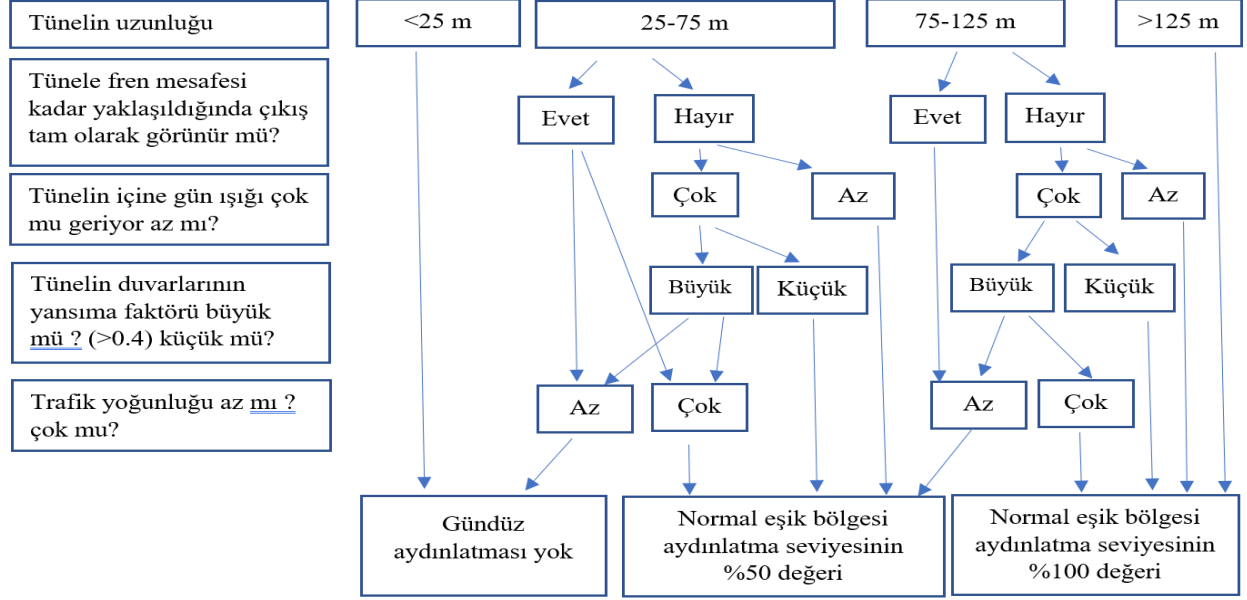
NOT: L/E_V Oranı 0,2 ile 0,6 arasında olan aydınlatma sistemine neredeyse hiç karşılaşılmamaktadır. Karşılaşılması durumunda simetrik aydınlatma sistemi olarak kabul edilmelidir.

4. Gündüz Aydınlatması

4.1 Tünel Aydınlatması Hesaplarında Tünel Boyutlarının ve Yapısının Etkisi

Bazı durumlarda tünelin gündüz aydınlatmasının yapılmasına gerek yoktur. Tünel girişine fren (durma) mesafesi kadar uzakta bulunan noktadan tünel içine bakılır. Bakılan noktadan tünelin çıkışı görünebiliyorsa tünelin gündüz aydınlatma hesaplarının yapılmasına gerek

yoktur. Fakat tünele gün ışığının az girmesi, duvar yansımaya faktörünün çok düşük olması, tünelin virajlı veya eğimi giderek artan bir coğrafi yapısı olması ve trafik yoğunluğunun fazla olması durumunda gündüz tünel aydınlatması yapılmalıdır. Tünel veya altgeçit in gündüz tünel aydınlatması yapılmadan önce Şekil 4 incelenmelidir. (CIE88:2004,2004:4)



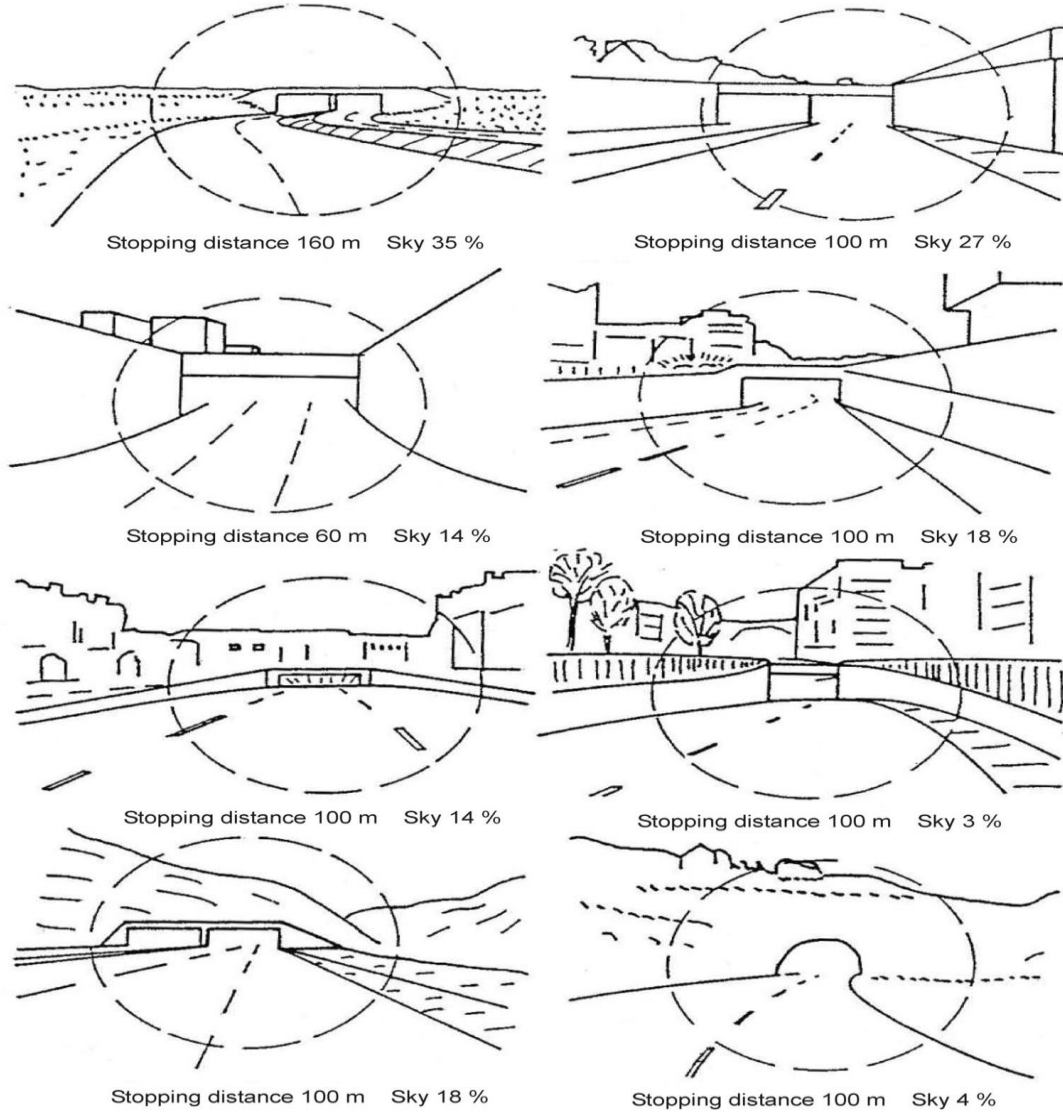
Şekil 4. Farklı tünel uzunlukları için Tünelin gündüz aydınlatması (CIE88:2004,2004:5)

4.2 Dış Bölge Parlıtısı (L_{20})

Tünelin girişine yaklaşan araç sürücüsünün gözünün algıladığı parlıltı değerine göz uyumu parlıltısı denilmektedir. Tünelin aydınlatma tasarımı için oldukça önemli olan göz uyumu parlıltı değerinin belirlenmesi çok zordur. Bu parlıltı değeri yerine en çok tercih edilen parlıltı değeri dış bölge parlıltı değeridir (L_{20}). Tünelin aydınlatma hesapları yapılmadan önce yıl boyunca yeterli sıklıkla dış bölgenin parlıltısının ölçülmesi gerekir. Yıl boyunca ölçümü yapılan dış bölge parlıltısının en büyük değeri, eşik bölgesi, geçiş bölgesi, iç bölge ve çıkış bölgesinin parlıltı değerlerinin hesaplamalarında kullanılır. Mevsimsel koşullar ve meteorolojik nedenlerden dolayı dış bölgenin parlıltı değeri gerçekte ölçülemez. Bu yüzden dış bölge parlıltısının hesaplanması için bazı yöntemlerden yararlanılır (CIE88:1990,1990:13).

4.2.1 Birinci Yöntem

Birinci Yöntem: Dış parlıltı değerinin tablo yardımı ile belirlenmesidir. Dış bölgenin parlıltı değerini hesaplanmak için tünelin giriş kısmına fren (durma) mesafesi kadar uzakta bulunan noktadan tünelin iç kısmına doğru bir görüntü alınır. Alınan görüntü Şekil 3'te belirtilen durumlar karşılaştırılarak γ gökyüzü yüzdesi belirlenir. Gökyüzü yüzdesinin Tablo 2'de görülen değerler arasında kalması durumunda L_{20} dış parlıltı değeri oransal olarak hesaplanacaktır (CIE88:2004,2004:26)



Şekil 3. Farklı fren mesafeleri ve coğrafi koşullardaki γ : gökyüzü yüzdesi

(Draft tunnel lighting EN,2008:31)

Şekil 3’de 20 derecelik koni çapı genişliğinde verilen alan içinde bulunan, γ : gökyüzü yüzdesi verilmektedir.

Tablo 2’de farklı gökyüzü yüzdesi, hava durumu ve fren mesafesine göre dış bölgenin parlıltı değerleri verilmiştir.

Tablo 2- 20° lik Konik Görüş Alanı içindeki ortalama parlıtlı değerleri. (CIE88:1990,1990:13).

	20° LİK KONİK GÖRÜŞ ALANINDAKİ GÖKYÜZÜ YÜZDESİ															
	% 35				%25				%10				% 0			
Görüş Alanındaki durum	NORMAL		KARLI		NORMAL		KARLI		NORMAL		KARLI		NORMAL		KARLI	
	AZ	ÇOK	AZ	ÇOK	AZ	ÇOK	AZ	ÇOK	AZ	ÇOK	AZ	ÇOK	AZ	ÇOK	AZ	ÇOK
	(*1)	(*1)	(*1)	(*1)	(*1)	(*1)	(*1)	(*1)	(*2)	(*2)	(*3)	(*3)	(*2)	(*2)	(*3)	(*3)
Fren Mesafesi 60 m.	(*4)	(*4)	(*4)	(*4)	4000	5000	4000	5000	2500	3500	3000	3500	1500	3000	1500	4000
Fren Mesafesi (100-160)m	4000	6000	4000	6000	4000	6000	4000	6000	3000	4500	3000	5000	2500	5000	2500	5000

Tablo 2'ye yönelik notlar;

NOT 1. Tünelin yönüne bağlı sonuçlar:

AZ: Kuzey yarım kürede bulunan aracın tünele güney girişi

ÇOK: Kuzey yarım kürede tünele kuzey girişi

Batı ve Doğu tünel girişleri için "AZ" ve "ÇOK" arasındaki orta değerler seçilmelidir.

NOT 2. Tünelin etrafındaki çevre ışıltılıgına bağlı sonuçlar;

AZ: Düşük çevre yansımaya faktörleri

ÇOK: Yüksek çevre yansımaya faktörleri

NOT 3: NOT 1'de belirtilen açıklamalar geçerlidir.

NOT 4. Fren mesafesi 60 metre olan ve %35 gökyüzü yüzdesi olan durumlarda pratik olarak karşılaşmaz.

4.2.2 İkinci Yöntem

Dış bölgenin parlıtlı değerinin belirlenmesi için kullanılan bir diğer yöntem daha vardır. Bu yöntem matematiksel hesaplamalar yapmaktır. Denk.1'de dış bölge parlıtlısının matematiksel formülü verilmiştir (CIE88:2004,2004:26).

$$L_{20} = \gamma Lc + \rho Lr + \varepsilon Le + \tau Lth \quad (1)$$

Denk. 1'de Lc: gökyüzü parlıtlısı, Lr: yol parlıtlısı, Le: çevre parlıtlısı, Lth: eşik bölgesi parlıtlısı, γ : gökyüzü yüzdesi, ρ : yolun yüzdesi, ε : çevrenin yüzdesi, τ :tünelin giriş yüzdesi olarak ifade edilir. Yolun yüzdesi, gökyüzü yüzdesi, çevrenin yüzdesi, tünelin giriş yüzdesinin toplamı 1'dir. (CIE88:2004,2004:26).

$$(\gamma + \rho + \varepsilon + \tau = 1) \quad (2)$$

Yukarıda verilen denk 1'de L_{th} (eşik bölgesi parlıtlısı) değeri bir bilinmeyendir. Formülde belirtilen diğer parlıtlı değerlerinin yanında değeri çok küçük olduğu için ihmal edilmektedir. Fren mesafesi 60 metre olan tünel aydınlatması tasarımında L_{20} dış parlıtlı değeri denk 3'de gösterildiği gibi ifade edilebilir: (CIE88:2004,2004:26).

$$L_{20} = (\gamma Lc + \rho Lr + \varepsilon Le)/(1 - \tau k) \quad (3)$$

Denk 3'te ifade edilen k değeri L_{th}/L_{20} olup hiçbir zaman 0 ile 1 değerlerini geçmediği için ihmal edilirse L_{20} dış parıltı değeri denk 4'deki gibi ifade edilir (CIE88:2004,2004:26).

$$L_{20} = (\gamma Lc + \rho Lr + \varepsilon Le) \quad (4)$$

Denk 4'te yer alan Lc, Lr ve Le parıltı değerleri farklı coğrafi koşullar ve araç sürme yönüne göre verilmiştir. Tablo 3'deki verilen parıltıların birimi kcd/m² dir (CIE88:2004,2004:26).

Tablo 3- Lc, Lr ve Le parıltı değerleri farklı coğrafi koşullardaki değerleri (CIE88:2004,2004:10)

ARAÇ SÜRME YÖNÜ (Kuzey yarım küre)	Lc (kcd/m ²) (GÖKYÜZÜ)	Lr (kcd/m ²) (YOL)	Le (ÇEVRE) (kcd/m ²)			
			DAĞLIK	YERLEŞİM YERİ BİNALAR	KARLI	ÇAYIRLIK
Kuzey (*)	8	3	3	8	15(V) 15(H)	2
Doğu-Batı	12	4	2	6	10(V) 15(H)	2
Güney (*)	16	5	1	4	5(V) 15(H)	2

(V)=Dik yüzeyli dağlık bölgeler için (vertical), (H)=Düz yüzeyli bölgeler için geçerlidir. (Horizontal)

NOT: Tablo 3'de değerler araç kuzey yarım kürede olması durumuna göre verilmiştir, eğer araç güney yarım kürede ise (*) işaretli kuzey ve güney sütunlarının yer değiştirmesi gerekmektedir.

Tünel aydınlatması hesaplarında dış bölgenin parıltı değeri hesaplanırken elde yeterli veri var ise ikinci yöntem kullanılmalıdır. İkinci yöntemle elde edilen dış bölgenin parıltı değeri daha doğru belirlenmiş olacaktır. Fakat elimizde yeterli bilgi yok ise birinci yöntemin kullanılması önerilir.

4.3 Eşik Bölgesi Parıltısı (L_{th})

Eşik bölgesinin parıltısı dış bölge parıltısına göre hesaplanır. Eşik bölgesinin parıltısı ile dış bölgenin parıltısı arasında bir oran vardır. Bu oran k ile ifade edilmektedir. Bu k değeri fren mesafesi ve L/E_v oranına göre Tablo 4'e bakılarak belirlenir. Belirlenen k değerine göre eşik bölgesi parıltı değeri hesaplanır (CIE88:1990,1990:18).

Tablo 4- Dış bölge (L_{20}) ile eşik bölgesi (L_{th}) parıltı değeri arasındaki oran k sabiti tablosu (CIE88:1990,1990:18).

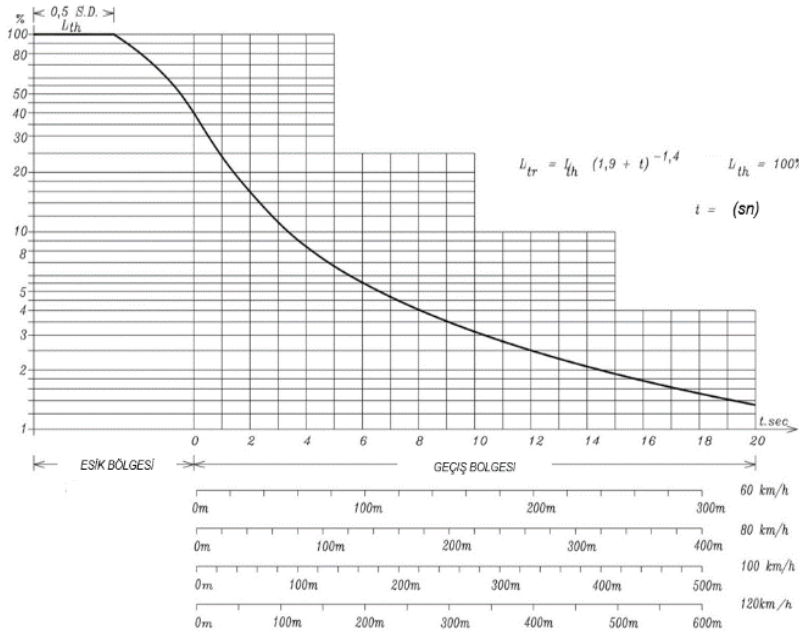
	Simetrik Aydınlatma Sistemi ($L/E_v \leq 0,2$)	Zıt-Yönlü Aydınlatma Sistemi ($L/E_v \geq 0,6$)
Fren Mesafesi	$k = L_{th} / L_{20}$	$k = L_{th} / L_{20}$
60 m.	0,05	0,04
100 m.	0,06	0,05
160 m.	0,10	0,07

Tablo 4 ile ilgili notlar şu şekildedir;

- 1- $0,2 \leq L/E_v \leq 0,6$ aralığında bulunan aydınlatma sistemine neredeyse hiç bulunmamaktadır, fakat var ise simetrik aydınlatma sisteminde uygulanan esaslar geçerlidir.

- 2- Tablo 4'deki k değerleri normal hız koşullarında ve yoğun trafik şartlarında verilmiştir. Bazı durumlarda k değeri değişmektedir. Bunlar, tünelin içinde tek yön olarak devam eden trafik olması, tünel için uygun görülen en büyük hız limitinin tüm şeritlerde aynı olması, Tünelin diğer bölgelerinde şerit geçişlerinin olmaması, tünel içinde bulunan araçların durmaması, Tüneldeki trafik yoğunluğunun az olması, Tünelin virajı olmayan düz bir tünel olması durumlarında belirlenen k değeri 0,75 ile çarpılır.
- 3- Bazı ülkelerde zıt yönlü aydınlatma sisteminde daha düşük k değeri kullanılır.
- 4- Güneş ışığını hiç geçirmeyen eşik bölgelerinde simetrik aydınlatma sistemi için kullanılan k değeri dikkate alınmalıdır.

Zıt yönlü aydınlatma sisteminde tünelin içinde bulunan nesnelere ile yüzey arka planı arasında yüksek kontrast elde edilir. Bundan dolayı zıt yönlü aydınlatma sisteminde daha küçük parlıtlı değerleri ile yüksek görülebilirlik seviyesi elde edilir. (CIE88:1990,1990:18).



Şekil 5 Tünel aydınlatması hesaplarında farklı bölgelerdeki parlıtlı değeri değişimi

(Draft tunnel lighting EN,2008:11)

Eşik bölgesinin uzunluğu en az fren mesafesi kadar olmalıdır. Eşik bölgesinin ilk yarısı boyunca parlıtlı değeri değişmemelidir. Eşik bölgesinin diğer ikinci yarısında, geçiş bölgesine doğru geçilir. Bu yüzden görsel uyumu sağlamak amacıyla eşik bölgesinin ikinci yarısında parlıtlı değeri kademeli olarak azaltılır. Bu kademeli azaltmada dikkat edilmesi gereken iki önemli ayrıntı vardır. Bunlardan ilki, parlıtlı değeri bir önceki kademenin parlıtlı değerinin en az %33'ü kadar olmalıdır. Bir diğeri ise eşik bölgesinin sonundaki parlıtlı değeri, tünelin girişindeki parlıtlı değerinin %40'ı olmalıdır (Bak. Şekil 5) (Draft tunnel lighting EN,2008:11).

Eşik bölgesi aydınlatmasında tünel duvarlarının aydınlatmasına da dikkat edilmelidir. Tünel duvarlarının 2 metre yüksekliğine kadar olan alanındaki ortalama parlıtlı değeri, ortalama yol yüzeyi parlıtlısından az olmalıdır (CIE88:1990,1990:20), (Draft tunnel lighting EN,2008:11).

4.4 Geçiş Bölgesi Parıltısı (L_{tr}) ve Uzunluğu

Geçiş bölgesi, eşik bölgesi ile iç bölge arasında kalan bölgedir. Eşik bölgesinden iç bölgeye doğru geçildikçe kademeli olarak parıltı değeri azalmaktadır. Bu kademeli değişim en az bir önceki kademedeki parıltı değerinden %33'ü olacak şekilde olmalıdır. Geçiş bölgesi parıltısı değişimini zamanla ifadesi denk 5'de verilmiştir (CIE88:1990,1990:20).

$$L_{tr} = L_{th}(1.9 + t)^{-1.4} \quad (5)$$

Geçiş bölgesi parıltısı iç bölge parıltısının üç katı değerine kadar azaltıldığında, geçiş bölgesi bitmiş, iç bölgeye geçilmiş olacaktır. (Draft tunnel lighting EN,2008:11).

Geçiş bölgesi aydınlatmasında tünel duvarlarının iki metre yüksekliğine kadar olan kısmının ortalama parıltı değeri, ortalama yol yüzeyi parıltısından az olmamalıdır. (CIE88:1990,1990:21).

4.5 İç Bölge Parıltısı (L_{in})

Tünelin iç bölge parıltı değeri L_{in} ile ifade edilmektedir. Tünelin iç parıltı değeri fren mesafesi ve trafik yoğunluğuna göre Tablo 5 dikkate alınarak belirlenmektedir. (Draft tunnel lighting EN,2008:12-13)

Tablo 5- Tünel aydınlatma tasarımında iç bölge için ortalama parıltı değerleri (Draft tunnel lighting EN,2008:12-13)

İÇ BÖLGENİN ORTALAMA YOL VE YÜZEY PARILTI DEĞERLERİ (cd/m ²)			
FREN MESAFESİ	SAATTE TRAFİK AKIŞI (araç/saat)		
	Düşük (100 araca kadar)	Orta (100-1000 araç)	Yüksek (1000 araçtan çok)
160 m.	5 (cd/m ²)	10 (cd/m ²)	15 (cd/m ²)
100 m.	2 (cd/m ²)	4 (cd/m ²)	6 (cd/m ²)
60 m.	1 (cd/m ²)	2 (cd/m ²)	3 (cd/m ²)

Not: Tablo 5'e göre belirlenen iç bölge ortalama parıltı değeri, iç bölgede bulunan tünel duvarlarının iki metre yüksekliğe kadar olan kısmının ortalama parıltı değerleri ile aynı olmak zorundadır

4.6 Çıkış Bölgesi

Tünel aydınlatması hesaplarında eşik, geçiş ve iç bölge parıltıları ile çevresel parıltı uyumu gerçekleştiği için çıkış bölgesi için aydınlatma hesaplarının yapılması gerekmemektedir. Fakat yine de çıkış bölgesi aydınlatma hesaplarının yapılmasının bazı faydaları vardır. Bunlar şu şekildedir;

1-Tünelin çıkışında yüksek parıltı değeri olacağından, sürücü gözünde kamaşma etkisi olacaktır. Çıkış aydınlatmasının yapılması ile bu kamaşma etkisi azaltılarak çıkışta bulunan nesnelerin fark edilirliliği artacaktır

2-Tünelin çıkış bölgesinde araç sollarken geride kalan aracın durumunun daha net bir şekilde gözükmesine katkıda bulunulacaktır.

5 Tünel Aydınlatması Tasarımında Gün Işığının Değişmesinin Etkisi

Tünel aydınlatması hesaplarında dış bölgenin parlıtu değeri diğer bölgelerin parlıtu değeriyle etkilemektedir. Bu yüzden dış bölgenin parlıtu değeri gün içerisinde periyodik olarak ölçülmelidir (CIE88:1990,1990:23).

Dış bölgenin parlıtu değerinin ölçülmesi için parlıtu ölçer, eğer yol sola doğru kavis yapmıyor ise yolun sol tarafında 2-5 metre yüksekliğe yerleştirilerek ölçüm gerçekleştirilir. Fakat yol sola doğru kavis yapıyor ise parlıtu ölçer ölçülecek alanın karşısına veya yolun sağ tarafına konumlandırılarak ölçüm gerçekleştirilir (CIE88:1990,1990:23).

6 Işık Titremesinden Kaçınma

Işık titremesi tünel aydınlatması yapılırken uygun olmayan aralıklarla yerleştirilen armatürlerden kaynaklanmaktadır. Işık titreşiminden dolayı sürücüde görsel rahatsızlık meydana gelmektedir. Bu görsel rahatsızlık şunlara bağlıdır;

- 1- Saniyede parlıtu değışimi (titreme frekansı) sayısı,
- 2- Periyodik olarak tekrarlanan aydınlıktan karanlığa doğru geçiş sayısı
- 3- Her periyotta tekrarlayan üst parlıtu değeri ile alt parlıtu değeri arasındaki oran önemlidir.

Genellikle 2.5 hz altı ve 15 hz üstündeki frekanslarda ışık titreme etkisi yok sayılır.

Işık titreme frekansı şu şekilde hesaplanır,

Bir aracın hızı 60 km/saat (16,6 m/sn) ise, ve içinde bulunduğu tüneldeki armatürler arası mesafe 4 metre ise ışık titreme frekansı $16,6 / 4$ değerinden 4,2 hz olmaktadır (CIE88:1990,1990:24).

7 Sonuç

Bu çalışmada sürücülerin tünel içinde sağlıklı ve güvenli bir yolculuk yapabilmesi için gerekli olan parlıtu değerleri ve bu parlıtu değerlerini etkileyen maddelerden bahsedilmiştir.

Çalışmada da belirtildiği gibi tünel aydınlatması hesapları oldukça önemlidir. Aydınlatma bölgelerindeki parlıtu değerlerinin mutlaka CIE Standartlarında ve Avrupa Tünel Aydınlatması Şartnamesinde belirtildiği şekilde yapılmalıdır.

Biz yaptığımız bu çalışma ile güncel uluslararası CIE standartları ile Avrupa Tünel Aydınlatması Şartnamesi ile tünel aydınlatmasının önemini vurgulamıştır.

Referanslar

CIE 88:1990. (1990). Uluslararası Aydınlatma Komisyonu.

CIE 88:2004. (2004). Uluslararası Aydınlatma Komisyonu.

Draft tunnel lighting EN. (2008). Draft tunnel lighting EN.

İZBEK, K. (2007). TÜNEL AYDINLATMA TASARIMINDA “FREN MESAFESİ”. *IV. ULUSAL AYDINLATMA SEMPOZYUMU VE SERGİSİ BİLDİRİLERİ*.

PERDAHÇI, C. (2014). TUNNEL LIGHTING WITH LED. *7th International Ege Energy Symposium & Exhibition*.

Soma Linyitinin Piroliz Özelliklerinin Termogravimetrik Yöntem ile İncelenmesi

Dilan KÖKSAL ÖZTÜRK¹

Menderes LEVENT²

Kadir GÜNDOĞAN³

GİRİŞ

Dünyada nüfus artışı kaynaklı enerji ihtiyacının artmasına paralel doğal enerji kaynaklarının tükenme tehlikesi bilim dünyasını varolan enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması için çalışmalar yapmaya yöneltmiştir (Kanca, 2019: 43-54). Fosil yakıtlar yüzyıllardır dünyada varolan ve rezervleri çok uzun ömürlü olan yakıtlardır. Kömür, dünyanın bir çok ülkesinde yaygın rezervlere sahip olan, düşük maliyet ile elde edilen ve işleme kolaylığıyla en önemli fosil kaynaklı yakıtlardan biridir (Erşahan vd., 1997: 65-74). Tarihsel olarak kömür, endüstri devriminin sonundan itibaren gündelik hayatımızın önemli unsurlarından biri olarak enerji kaynakları arasında önemini korumaktadır (Açıkalın, 2011: 145-150). Buharlı güç çevrimlerinden, elektrik santralleri ve ısıtma uygulamalarına kadar pek çok alanda birincil enerji kaynağı olarak kullanılmıştır (Kocabas vd., 2015: 1723-1729). Bu süreç boyunca kömüre alternatif bir çok enerji kaynağı ortaya çıkmasına ve kömürün çevresel etkilerinin bilimsel açıdan tartışmalara neden olmasına rağmen kömür kullanımının azalması mümkün olmamıştır. Bu durumda enerji sektöründe lider konumda olan kömür teknolojilerinde çevresel üstünlükleri olan temiz yöntemlerin kullanımına yönelik araştırmalar hız kazanmıştır (Yılmaz, 2012: 64).

Piroliz yada karbonizasyon, kömür gibi fosil melektyakıtların oksijensiz bir ortamda termal yolla bozunarak katı, sıvı ve gaz formunda yan ürünlerin üretildiği prosesdir (Sönmez ve Giray, 2001: 159-169). Yakıt üretimi için genellikle kömüre yüksek sıcaklık karbonizasyonu (koklaşma) pirolizi uygulanır. Burada 900°C ile 1100°C sıcaklığa kadar ısıtılan kömürden karbonca zengin katı atık, sıvı ve gaz ürünler elde edilir (Çınar ve Altun 2018: 259-266). Piroliz prosesinin verimini belirleyen en önemli değişkenler sıcaklık, piroliz süresi ve tanecik boyutudur. Sıcaklığın yükselmesiyle beraber kömür aktif kok yanmasına aşamasına geçer ve açığa çıkan gaz tepkimeye girmeye devam ederek uçucu bileşik verimini arttırmaktadır. Kömürün pirolizi esnasında farklı sıcaklıklarda farklı miktarlarda ürün açığa çıkar ve bu

¹ Dilan KÖKSAL ÖZTÜRK, Uşak Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0002-6735-5506

² Prof. Dr. Menderes LEVENT, Uşak Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Orcid:0000-0002-6363-1614

³ Dr. Öğr. Üyesi Kadir GÜNDOĞAN, Uşak Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü, Orcid:0000-0001-6742-3110

bileşimler her birinden farklı kimyasal özellikler barındırmaktadır (Gafur, 2015: 36). Piroliz süresi süreci etkileyen diğer önemli değişkendir. Piroliz esnasında ortamda bulunan ürünlerin alıkonma süresi olarak tanımlanmaktadır (Özsin, 2018: 315-329). Proses sırasında uzun piroliz sürelerinde, gaz fazdaki uçucu bileşenlerin bozunduğu ve karbonca zengin katı atığın formunu kaybederek tekrar gazlaştığı gözlenmektedir (Fanu et al., 2018: 1536-1540). Kömürün tanecik boyutunun artması ile ürünlerin parçalanarak uçucuların açığa çıkması daha uzun sürelerde olmaktadır. Kömür yüzeyiyle uzun süre temas eden uçucularda yan reaksiyonlar oluşur. Bu durumdan piroliz süreci ve elde edilen ürünler olumsuz etkilenmektedir (Altunbaş, 2015: 30).

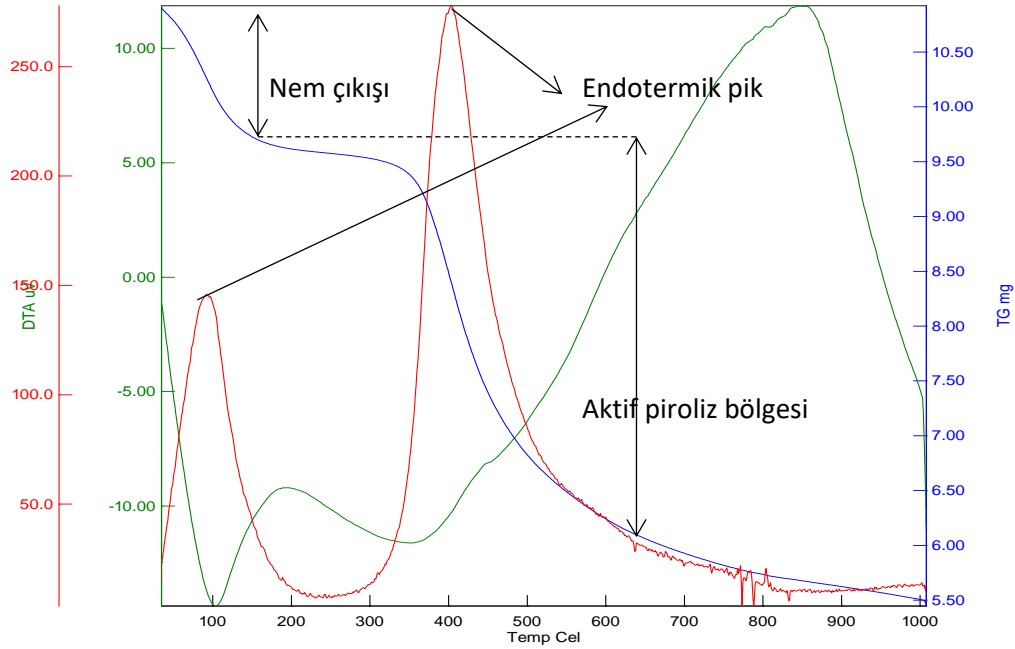
TGA analizi malzemelerin ısıl karakteristik özelliklerini belirlemek için sıklıkla kullanılan bir tekniktir (Sönmez ve Giray, 2001: 159-169). İşleme alınan numunenin ağırlık değişimi ve referans ile arasındaki sıcaklık farkı kontrollü bir hızla, uygun bir atmosferde ısıtılan maddenin kütledeki değişimler çok hassas elektronik bir terazi ile ölçülür. Bir malzemenin sıcaklık artışı ile bünyesinde meydana gelen termal ve gravimetrik değişimleri belirlemekte kullanılır (Figen vd., 2016: 350-361). Malzeme bünyesinde meydana gelen ağırlık değişimleri (su kaybı, organik madde uzaklaşması gibi) termogravimetri (TG), ekzotermik ya da endotermik reaksiyonlar sonucu meydana gelen sıcaklık değişimleri diferansiyel termal analiz (DTA) cihazı ile tespit edilir. DTA, erime, kaynama, parçalanma noktalarını yüksek bir doğrulukla tayin eder. TGA, DTA ve TG tek bir grafikte gözlemlenebilen eş zamanlı bir tekniktir (Taşar vd., 2015: 306-313).

Bu çalışmada farklı tanecik boyutlarına sahip Soma Linyit kömürü numunelerine izotermal olmayan Termogravimetrik analiz uygulanmıştır. Tanecik boyutunun piroliz prosesinin en önemli parametreleri olan sıcaklık ve piroliz süresine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında optimum çalışma koşulları parametreleri belirlenmiştir.

YÖNTEM

Deneyel çalışmalarda kullanılacak numuneler Soma kömür işletmesinden temin edilmiş ve analizleri Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi laboratuvarlarında yapılmıştır. Deneylerinin doğru sonuç vermesi için TGA analizi öncesinde numunelerden 10 gr ağırlığında tartımlar alınarak beş ayrı kroze içerisinde etüvde 80 °C sıcaklıkta 45 dakika boyunca kurutma yapılmıştır. Kömür numunelerinde kuruma esnasında yanma reaksiyonu gerçekleşmemesi için sıcaklık maksimum 80 °C sıcaklığa ayarlanmıştır. Her bir analiz için 10 ile 12 mg arasında hassas terazide tartılan numuneler inert azot gazı varlığında ve alüminyum krezelerde 10 °C/dk , 15°C/dk, 20°C/dk ve 30 °C/dk ısıtma hızlarında maksimum 1000 °C sıcaklığa kadar ısıtılarak analiz tamamlanmış ve termogramlar elde edilmiştir. Deney sonuçları ve termogramlar otomatik olarak bilgisayarda kayıt altına alınmıştır.

SONUÇ VE YORUM



Şekil 1-0,5-10 mm tane boyutundaki numunenin 10 °C/dk ısıtma hızında 100-1000 °C sıcaklıklar arası TG/DTA/DTG eğrisi.

Şekil 1-'de 0,5-10 mm tane boyutundaki numunenin 10 °C/dk ısıtma hızında 100-1000 °C sıcaklıklar arası TG/DTA/DTG eğrisi görülmektedir. TGA grafikleri incelendiğinde daha küçük tane boyutuna sahip numunelerde ağırlık kaybının daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun sebebi küçük tane boyutuna sahip malzemede yüzey alanının daha fazla olması ve reaktifliğinin yüksek olmasıdır. Ağırlık kaybını arttıran diğer bir parametre ise kömür içerisinde bulunan uçucu madde miktarıdır. Soma kömürünün yapısında nem ve uçucu madde miktarı yüksektir. Bu yüzden ağırlık kayıpları ve nem çıkışları TG eğrilerinde belirgin olarak izlenmiştir.

Numunelerin kütle kaybı (TG) eğrileri incelendiğinde iki adet büyük kayıp alanı görülmektedir. Bu alanlardan birincisi hammaddede bulunan nemin uzaklaşması sonucunda oluşan ilk büyük kütle kaybıdır (Hüyükpınar, 2010: 41). Bütün numunelerde özellikle 0-200 °C arasında hızlı bir düşüşle beraber bu kayıp gözlenmiştir. Burada kömür içerisinde bulunan uçucu maddeler sıcaklığın yükselmesiyle yanarak uzaklaşır. Bu kayıptan sonra kısa bir yatay plato şeklinde seyreden grafik birden keskin bir düşüşle ikinci bölgeye geçer. Kömür termogramlarında asıl kütle kaybının gözlemlendiği karakteristik bölge ise aktif piroliz bölgesidir. Bu aralıkta artık nemini birinci bölgede tamamen kaybetmiş olan kömür numunesi kalan ağırlığının yarısından fazlasını ikinci bölgede kaybeder. Kömür bu evrede aktif kok yanmasını gerçekleştirir. TG grafiğinin üçüncü bölgesinde ise kömür artık aktif

yanmasını tamamlamış, yapısı bozunmuş ve geriye karbonca zengin katı ürün (char) ve kül kalmıştır. Bu bölge pasif piroliz bölgesidir. Burada kömür ağırlığının % 50' den fazlasını kaybetmektedir.

Numunelerin TG termogramlarından sonra DTA eğrileri yorumlanmıştır. Diferansiyel termal analiz yönteminde numunelerin sıcaklık farkına göre endotermik ve ekzotermik tepkimelerin hangi sıcaklıklarda gerçekleştiği tespit edilmektedir. Bu reaksiyon sıcaklıklarının değerleri numunelerin yanma yatkınlıklarıyla ilgili bilgi vermektedir (Taşar vd., 2015: 306-313). Sonuçlara göre kömür örneklerinin tamamı dört farklı ısıtma hızında ilk olarak endotermik reaksiyon göstermişlerdir. Birinci basamakta gözlenen bu karakteristik endotermik pik kömür numunesinden uzaklaşan nemi ifade eder. Hammaddeden uzaklaşan nem ve uçucu madde miktarı arttıkça pikler daha belirgin ve keskin görünümde olur. Soma kömürünün içerisindeki nem içeriği yüksek olduğundan dolayı termogramlardaki endotermik pikler belirgin bir şekilde görülmektedir. Eğrilerin devamında numunelerde daha az belirgin bir endotermik pik daha görülmüştür. Burada görülen pik kömürün hızlı reaksiyona girmeden önce içerisinde kalan nem ve uçucu maddenin tamamının uzaklaşmasını gösterir. Sıcaklığın artmasıyla beraber nemini kaybeden kömür hızla reaksiyona girerek ekzotermik bir davranış gösterir. Bu ekzotermik reaksiyon kömürün oksidasyona uğradığı anda başlar ve sıcaklık daha fazla yükseldikçe reaksiyon hızı da artar. Bu basamak aynı zamanda kömür yanmasının gerçekleştiği aktif piroliz bölgesidir. Bu basamaktan sonra gelen ekzotermik pikler hızla yükselen sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen ekzotermik reaksiyonları işaret eder (Gözke ve Açıkalin, 2020: 1001-1003).

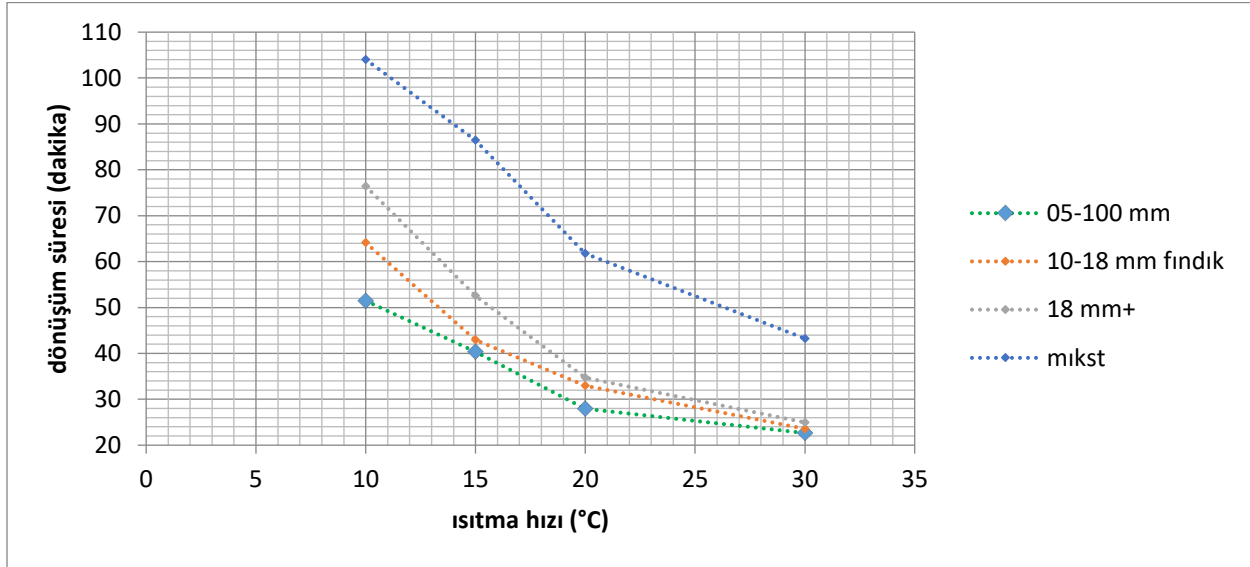
Tablo 1-Kömür numunelerinin aktif piroliz basamağına geçiş sıcaklığı ve 1000 oC sıcaklığa kadar maksimum kütle kayıpları.

Tanecik boyutu (mm)	10 °C		15 °C		20 °C		30 °C		kayıp (%)
	Sıcaklık (°C)	Ağırlık kaybı (%)	Sıcaklık (°C)	Ağırlık kaybı (%)	Sıcaklık (°C)	Ağırlık kaybı (%)	Sıcaklık (°C)	Ağırlık kaybı (%)	
0,5-10	395	35,9	376	31,43	365	29,02	340	32,84	
10-18	409	44,92	390	30,19	378	32,77	361	34,92	
18 +	411	31,62	401	30,51	391	32,46	385	44,15	
mikst	450	41,45	420	36,57	395	39,45	387	41,28	

Soma linyit kömürünün karakteristik kok yanması aşamasına geçtiği aktif piroliz bölgesi verileri her numune için hesaplanmıştır. Tablo 1- de görülen aktif pirolizin başladığı sıcaklıklar tanecik boyutu arttıkça yükselmektedir. Daha büyük tanecik boyutlarında kömür yapısında bulunan kimyasal bağların kopması daha geç sürelerde olmakta ve buna paralel malzeme bozunması da daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmektedir.

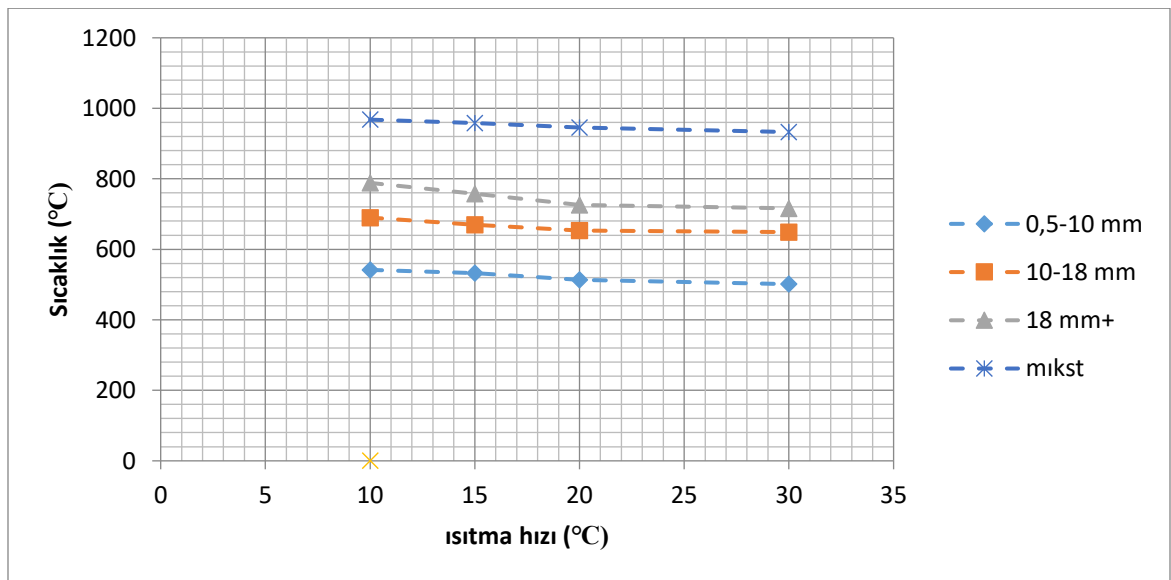
Isıtma hızı yükseldikçe kok yanmasının başladığı sıcaklıklar düşmüştür. Tabloya göre 18+ mm tanecik boyutundaki numunenin 10 °C/dk ısıtma hızında aktif piroliz bölgesi başlangıç sıcaklıkları 411 °C iken mikst boyut numunenin sıcaklığı 450 °C olarak kaydedilmiştir. Burada malzemelerin başlangıç ağırlıkları ve tane boyutları birbirlerinden farklı olmasına rağmen reaksiyon verdiği sıcaklıklar yakın

değerdedir. Bunun sebebi kömürün tepkime verdiği sıcaklıkların karakteristik olması ve piroliz parametrelerinin çok belirgin olarak değişmemesidir.



Şekil 2- Numunelerin farklı ısıtma hızlarında %40 dönüşümü için geçen süre.

Şekil 2- de kömür numunelerinin dört farklı ısıtma hızında başlangıç ağırlıklarının %40' ının dönüşümü için geçen süreler görülmektedir. Grafiğe göre tane boyutu arttıkça numunelerin dönüşüm süreleri de orantısal olarak artmıştır. 20 °C/dk ısıtma hızında 0,5-10 mm tane boyutlu numunenin dönüşüm süresi 27,56 dakika 10-18 mm numunenin dönüşüm süresi ise 32,93 dakika olarak hesaplanmıştır. Numunelerin kendi içlerinde farklı ısıtma hızlarındaki dönüşüm süreleri ise ısıtma hızının artmasıyla azalmıştır. Isıtma hızının artmasıyla madde sıcaklığı daha hızlı yükselerek yapısal bozunma daha erken sürede başlamaktadır. Mikst tane boyutundaki numunelerin dönüşüm süreleri 15 °C/dk ısıtma hızında 86,41 dakika 20 °C/dk ısıtma hızında ise 61,72 dakika olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3- Numunelerin farklı ısıtma hızlarında %40 dönüşüm sıcaklıkları.

Kömür numunelerinin %40 dönüşümdeki sıcaklık değerleri Şekil 3- te verilmiştir. Grafik incelendiğinde tanecik boyutunun artmasıyla beraber numunelerin %40 dönüşüme ulaşma sıcaklıkları yükselmiştir. 10-18 mm ve 18+ mm tane boyutlarındaki numunelerin 15 °C/dk ısıtma hızındaki dönüşüm sıcaklıkları sırasıyla 669,68 °C ve 746 °C dir. Tanecik boyutları kendi içlerinde değerlendirildiğinde ısıtma hızının artmasıyla dönüşüm sıcaklığının azaldığı görülmektedir. 0,5-10 mm tanecik boyutuna sahip numune 10 °C/dk ısıtma hızında %40 dönüşümünü 541,63 °C sıcaklıkta tamamlarken 30 °C/dk ısıtma hızında bu sıcaklık 501,26 °C ye düşmüştür.

Termogramlar ve hesaplanan sayısal veriler değerlendirildiğinde tanecik boyutunun artmasıyla paralel piroliz parametrelerinden dönüşüm süresi ve dönüşüm sıcaklıkları önemli ölçüde etkilenmiştir. Özellikle en büyük tanecik boyutunda dönüşüm süresi ve sıcaklığı çok yüksek değerlere ulaşmıştır. Aynı zamanda ısıtma hızının arttırılmasıyla birlikte aynı tanecik boyutuna sahip numunelerin dönüşüm sıcaklıkları ve sürelerinde yine belirgin bir değişim gözlenmemiştir. En hızlı dönüşüm 22,65 dakikada 0,5-10 mm tanecik boyutuna sahip numuneye en yavaş dönüşüm süresi ise 104,7 dakika ile mikst numunesine aittir. En yüksek dönüşüm sıcaklığına mikst numunesi 967,84 °C de en düşük sıcaklığa 0,5-10 mm numune 501,26 °C de ulaşmıştır. Sonuç olarak tanecik boyutu ve farklı ısıtma hızlarının Soma linyitinin karakteristik tepkime sıcaklıklarını ve bozunma sürelerini belirgin oranda etkilediği gözlemlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Açıkalın, K. (2011). Thermogravimetric analysis of walnut shell as pyrolysis feedstock. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 105(1), 145-150.
- Altunbaş, O. (2015). *Pelemir bitkisinin pirolizi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Çınar, İ. Altun, M. (2018). İlgin kömürlerinin termogravimetrik analiz yöntemi ile gazlaşma özelliklerinin incelenmesi. *Madencilik*, 57(4), 259-266.
- Erşahan, H. Şara, O.N. Boncukcuoğlu, R. (1997). Desulphurization of two Turkish lignites in an entrained flow reactor. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 44, 65-74.
- Fanu, F.Y. Li, H. Xu, Y.Q. Liu, Y. Zheng, Z.F. Kan, H. (2018). Thermal behaviour of walnut shells by thermogravimetry with gas chromatography-mass spectrometry analysis. *Royal Society Open Science*, 5(9), 1536-1540.
- Figen, A. İsmail, O. Pişkin, S. (2016). Atık biyokütle pelletinin termogravimetrik analizi ve yanma kinetiği. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi*, 18(54), 350-361.
- Gafur, E. (2015). *Farklı parçacık boyutlarındaki tunçbilek linyitinin desülfürizasyonuna deneysel parametrelerin etkisi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gözke, G. Açıkalın, K. (2020). Kiraz çekirdeği piroliz kinetiğinin model içermeyen ve model bazlı integral kinetik yöntemler kullanılarak izotermal olmayan termogravimetrik analiz verileri üzerinden incelenmesi, *Nöb Mühendislik Bilim Dergisi*, 9(2), 1001-1003.
- Hüyükpınar, T. (2010). *Çeşitli organik asit çözeltileri ve sub-kritik su kullanılarak bazı türk kömürlerinin demineralizasyon ve desülfürizasyonu* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kanca, A. (2019). Pamuk atığı, fındık kabuğu ve ceviz kabuğunun piroliz ve oksidasyon davranışlarının kıyaslanması. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 43-54.
- Kocabas-Atakli, Z.O. Okyay-Oner, F. Yurum, Y. (2015). Combustion characteristics of Turkish hazelnut shell biomass, lignite coal, and their respective blends via thermogravimetric analysis, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 119(3), 1723-1729.
- Özsin, G. (2018). Termal analiz ile birleştirilmiş spektral yöntemlerin kullanımı ile biyokütle pirolizinin incelenmesi. *Baun Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 315-329.
- Sönmez, Ö. Giray, E.S. (2001). The influence of process parameters on desulfurization of two Turkish lignites by selective oxidation. *Fuel Processing Technology*, 70, 159-169.
- Taşar, Ş. Kaya, F. Özer, A. (2015). Yerfıstığı kabuğunun farklı izotermal şartlarda pirolizi ve kinetik parametrelerin belirlenmesi üzerine bir çalışma. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 21(7), 306-313.

Yılmazer, E. (2012). *Biyokütle yarıkoku-kömür karışımlarının yanma davranımlarının incelenmesi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Investigation of the Effect of Nanoparticle Reinforcement in Epoxy Adhesive on the Static Strength of the Joint in Single Patch Lap Bonding Joints

Edip ÇETKİN¹

1.Introduction

Son zamanlarda hammadde temini sıkıntısı ile birlikte artan malzeme ve makine fiyatlarına bağlı olarak hasarlı makine parçalarının değişimi yerine mümkün oldukça tamirine gidilmektedir. Endüstride hasarlı parçaların tamir için çeşitli birleştirme yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları kaynak, perçin, cıvata, lehim ve yapıştırma ile birleştirme yöntemleri kullanılmaktadır. Kaynak ile birleştirme yöntemlerinde birleştirme bölgesi yüksek ısıya maruz kaldığı için kaynak bölgesinde ITAB problemleri oluşmaktadır. Bundan dolayı kuvvet veya moment altındaki durumlarda bu bölgelerde kolayca hasarlar meydana gelmektedir. Cıvata ve perçin ile yapılan birleştirmelerde, birleştirme bölgesinde birleştirme elemanı için açılan yuvalardan dolayı parçanın ve malzemenin homojenliği bozulmaktadır. Bundan dolayı yükleme altındaki durumlarda bu bölgelerde gerilme yığılmaları oluşur. Bu durumda birleşme bölgesinde kolayca hasarların oluşmasında sebebiyet verir. Lehimle birleştirme yöntemi yüzeysel bir birleştirme tekniği olduğu için uygulama alanı makine parçalarının tamiri ve birleştirmelerinde oldukça sınırlıdır. Yapıştırıcı ile birleştirme yöntemi, düşük maliyet, düşük ağırlık, yüksek güvenlik ve kolay üretim prosedürleri avantajlarından dolayı, havacılık, elektrik ve otomotiv endüstrilerindeki tasarımcılar için mekanik bağlantılara ilginç bir alternatif haline getirmiştir. Ayrıca çeşitli çevre koşullarında ve statik veya değişken yükler altında yapıştırılan bağlantılarda düzgün bir gerilme yapısı elde edildiği için, yapıştırıcı ile yapılan bağlantıların mukavemetinin araştırılması, araştırmacıların hafif bileşenlerin tasarlanması alanında ilgisini çekmiştir. Bu nedenle, son on yılda alın altına birleştirme, kademeli birleştirme ve tek/çift bindirmeli bağlantılar gibi basit konfigürasyonlarla sabit veya değişken yük altında bağlantıların mukavemetini araştırmak için kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalardan bazıları ise epoksi bileşenli yapıştırıcıların nano ve mikro partiküller ile birlikte kullanımlarını araştırmaktır. Literatür çalışmalarında çeşitli partiküller kullanılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları; Borghai ve ark. tek bindirmeli yapıştırma bağlantıları üzerinde grafen nano partikül (GNP) ve perçinin çekme kuvvetine karşı etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak, %0.5 GNP'nin yapıştırıcı ve perçin ile kullanıldığı bağlantılarda çekme kuvvetinin sadece yapıştırıcının kullanıldığı bağlantılara göre sırasıyla %12 ve %24 oranlarında artmıştır. Ayrıca çekme testinden sonra kopan yüzeylerin SEM görüntülerinde GNP'nin kullanıldığı bağlantıların yüzeylerinde daha temiz homojen bir film tabakasının oluştuğunu belirtmişlerdir (Borghai vd., 2019: 3335-33346). Moriche ve ark. grafen nano partikülü (GNP) termal iletkenlik üzerindeki etkisini araştırmışlar. Bunun için epoksi yapıştırıcılar içerisine farklı oranlarda grafen nano partikülü takviye ederek deneyler

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Batman Üniv., Makine, Orcid: 0000-0002-0217-5897

gerçekleştirmişlerdir. Deneyler sonucunda %8 ve %10 oranlarında GNP takviyesinin termal iletkenliği sırasıyla %206 ve 306 oranlarında artırmıştır (Morange vd., 2019: 407-420). Sadigh ve ark. İndirgenmiş oksit grafen partikülünün yapıştırma bağlantılarında yorulma ömrü üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar indirgenmiş oksit grafen partikülünün kullanıldığı yapıştırma bağlantılarının yorulma ömrü %300 oranında arttığını belirtmişlerdir (sadigha ve marami, 2018: 283-290). Razavi ve ark. Tek bindirmeli yapıştırma bağlantılarında silica nanoparticles (SNPs) and multi walled carbon nanotubes (MWCNTs) partikül takviyelerinin etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Yapılan deneylerde nano partikül takviyelerinin yapıştırma bağlantılarının ortalama kesme mukavemeti ve uzamalar üzerinde önemli bir etki yaptıklarını görmüşlerdir. Ayrıca tek bindirmeli yapıştırma bağlantılarının hasar mekanizmaları ve kırılma yüzeylerinin bağlantı mukavemetleri arasındaki korelasyonu da araştırmışlardır (Razavi vd., 2018: 76-86). Han ve ark. Grafen ve karbon nanotüp takviyeli epoksi yapıştırıcıların mekanik ve elektriksel özelliklerini deneysel ve sayısal olarak analiz etiler. Grafen'in %0.25 altındaki takviye oranlarında mekanik özellikleri iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Ancak karbon nanotüp'ün %0.25 üzerindeki takviye oranlarında daha iyi mekanik performans sağlandığını vurgulamışlar (Han vd., 2019: 116-126). Pinto ve ark. Yapışkan bağlantılarının kesme mukavemetini geliştirmek için bir yapıştırıcı olarak polivinil asetatına grafen nano partiküllerini (GNP) takviye etti. Sonuçlar, GNP'nin ağırlıkça% 0,1 takviyesinin kesme mukavemetini% 50'den fazla artırdığını gösterdi. Ayrıca yapıştırıcıya GNP'lerin eklenmesinin, nanofiller hidrofobikliğine bağlı olarak denge temas açısında bir artışa neden olduğunu bulmuşlardır. Bu, yapışkan bağlantıların kesme mukavemetindeki artışın, polimer zincirleri ve GNP'ler arasındaki güçlü ara-yüzey etkileşimleri ile ilişkilendirilebilir (Pinto vd., 2013: 928-35). Zhai ve ark. nano alümina partiküllerinin yapıştırma bağlantıları üzerindeki etkisini belirlemek için farklı oranlarda nano alümina partiküllerini epoksi yapıştırıcısına katarak oluşturulan yapıştırma bağlantıların çekme-koparma testlerini yapmışlardır. Nano alüminan partiküllerinin %2 orana kadar yapıştırma bağlantılarının mukavemetini artırmıştır. Ancak %2 den fazla alümina ilavesinin yapıştırma bağlantıları üzerinde olumsuz etkileri olmuştur. Bunun nedenin arayüzey ve kohezyon birleşiminin yapısını değiştirdiğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir (Zhai vd., 2006: 3031-3), (Zhai vd., 2008:23-8). Dorigato ve ark. Yapışkan bağlantıların kesme mukavemetini artırmak için sentezlenmiş zirkonyum nano partiküllerini sol jel tekniği ile epoksi yapıştırıcılarına eklemişlerdir. Testler sonucunda zirkonyum partikülün %1 vol'de yaklaşık olarak %60 oranında iyileştirmenin sağlandığını açıklamışlardır. Ayrıca zirkonyum partikülünün yapıştırıcı ile substrat arasındaki ara yüzey ıslanabilirliğinin ve kimyasal uyumluluğun dengesini artırdığını da belirtmişlerdir (Dorigato vd., 2010:873-92).

Çalışmalar incelendiğinde epoksi yapıştırıcıları içerisine farklı türden nano partikül takviyesi yapılarak bağlantıların elde edildiği görülmüştür. Fakat DP410, DP460 ve DP490 epoksi yapıştırıcıları ve Jüt fiber takviyeli plastik kompozitlerin grafen nano partikül ile birlikte karşılaştırmalı kullanımına rastlanılmamıştır. Bu çalışmada bu eksikliği gidermek amacıyla DP410, DP460 ve DP490 yapıştırıcılarına 0.1% wt., 0.2% wt. ve 0.3% wt. oranlarında grafen nano partikül takviyeleri yapılarak tek yamalı yapıştırmalar yapılmıştır. Yapıştırma ve yama numuneleri için jüt fiber takviyeli plastik (JFIP) kompozit malzemesi için kullanılmıştır. Yapılan yapıştırma bağlantılarında grafen nano partiküllerinin etkisini incelemek için bütün bağlantıların çekme deneyleri yapılmıştır.

2. Experimental Studies

Çalışmada, yapıştırma ve yama numuneleri için jüt fiber takviyeli plastik (JFTP) kompozit malzemesi kullanılmıştır. Yapıştırıcı malzemesi için ise, DP410, DP460 ve DP490 kullanılmıştır. JFTP, DP410, DP460 ve DP490 malzemelerine ait mukavemet değerlerinin belirlenmesi için çekme testleri yapılmıştır. Tablo 1’de JFTP kompozit malzemesi ve DP410, DP460 ve DP490 yapıştırıcı malzemelerine ait mekanik özellikleri verilmiştir. Yapıştırıcı malzeme ile birlikte takviye elemanı olarak grafen nano partikülü (GNP) kullanılmıştır. İki boyutlu (2D) bir karbonun allotropu olan grafen, sahip olduğu sıra dışı özelliklerinden dolayı 2004’ten beri plaka benzeri karbon nanomalzemeler 2D’de yeni bir çağ açtılar (Liv d., 2014: 824-9). Grafen, olağanüstü özgül yüzey alanına (Novoselov vd., 2004:5696) üstün mekanik ve elektriksel özelliklere sahiptir (Arabiy vd., 2017:254-64). Grafenin bu özelliklere sahip olması, onu çok işlevli ve yapısal takviyeli kompozitler geliştirmek için diğer karbon allotroplarına göre avantaj sağlar.

Tablo 1. Deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri

Malzeme	Çekme Mukavemeti (MPa)
DP410	46.616
DP460	44.616
DP490	30.112
JFRP	61
Epoksi reçine	45

2.1 Preparation of specimens of adherent and patches

Deneysel çalışma kapsamında kullanılan kompozitlerin ilk önce üretimleri yapıldı. Üretimleri için takviye malzemesi olarak dokuma tip jüt kumaşlar ve epoksi reçinesi için de termoset matris malzemesi kullanılmıştır. Jüt kumaşlar, genişliği 1 m olan kumaşın alana bağlı ağırlığı 300 gr/m^2 ’dir. Şekil 1’de kompozit üretiminde kullanılan jüt kumaşın görüntüsü verilmektedir. Takviye malzemesi ve reçine malzemeleri hazırlandıktan 300x300 mm ebatlarında kesilen dokuma tip jüt kumaşlar on iki tabaka olacak şekilde Elle yatırma yöntemi kullanılarak $0/90^\circ$ oryantasyon açısına sahip kompozit malzemeler imal edilmiştir. On iki tabaka şeklinde elle yatırma yöntemi ile üretiminin ilk aşaması tamamlanan dokuma tip jüt takviyeli kompozit malzemeler daha sonra yapıştırıcının kürleşebilmesi için laboratuvarında bir kalıp içerisinde 24 saat süreyle bekletilmiştir. Üretim aşamaları tamamlandıktan sonra kompozit malzemelerin çekme dayanımlarını belirlemek için ASTM 3039 standardına göre 250x25x10 mm (uzunluk, genişlik ve kalınlık) ölçülerinde su jeti kullanılarak çekme numuneleri kesilmiştir.



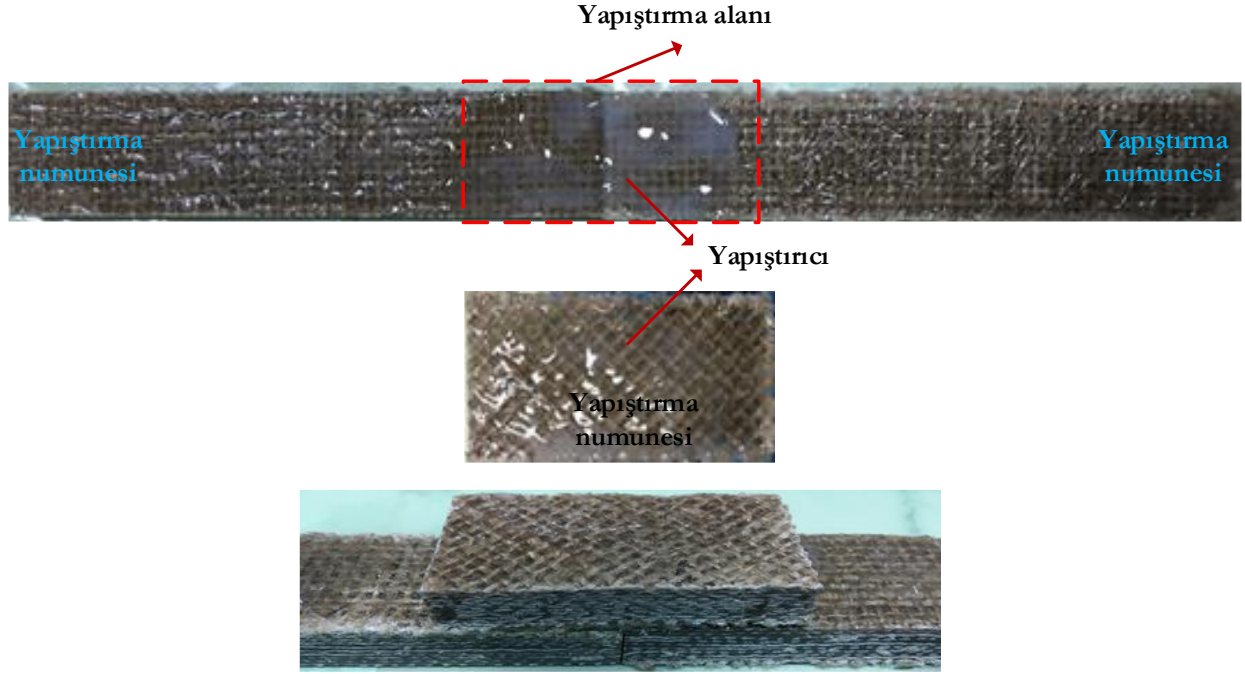
Şekil 1. kompozit üretiminde kullanılan dokuma tip jüt kumaş (Çetkin, 2019: 1354)

Kompozit malzemelerin çekme yükleri belirlendikten sonra tek bindirmeli yapıştırma işlemine geçilmiştir. Bunun için kompozit malzemelerden 125x25x10 mm ebatlarında yapıştırma numuneleri kesilmiştir. Benzer şekilde yama numuneleri de 40x25x10 mm ebatlarında kesilmiştir. Şekil 2’de çalışmada kullanılan yapıştırma numunesinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2. yapıştırma işleminde kullanılan numune

Numune ve yama malzemelerin hazırlanma işlemleri bittikten sonra DP410, DP460 ve DP490 yapıştırıcıları ile tek bindirmeli takviyesiz yapıştırmaları yapılmıştır. Tek bindirme deneysel çalışmalarında kullanılan yapıştırıcı malzemelerin epoksi ve hızlandırıcı olmak üzere iki adet bileşeni vardır. Hacimsel olarak epoksi/hızlandırıcı oranı 2/1 olduğunda yapıştırıcı yüksek dayanım göstermektedir. Bu oranı sağlamak için özel helozoik uçlar kullanılmıştır. Şekil 3’te DP460 yapıştırıcısı ile yapılan takviyesiz bir birleştirme işlemi gösterilmektedir.



Şekil 3. yapıştırma işleminde kullanılan numune

2.2. GNP and bonding processes

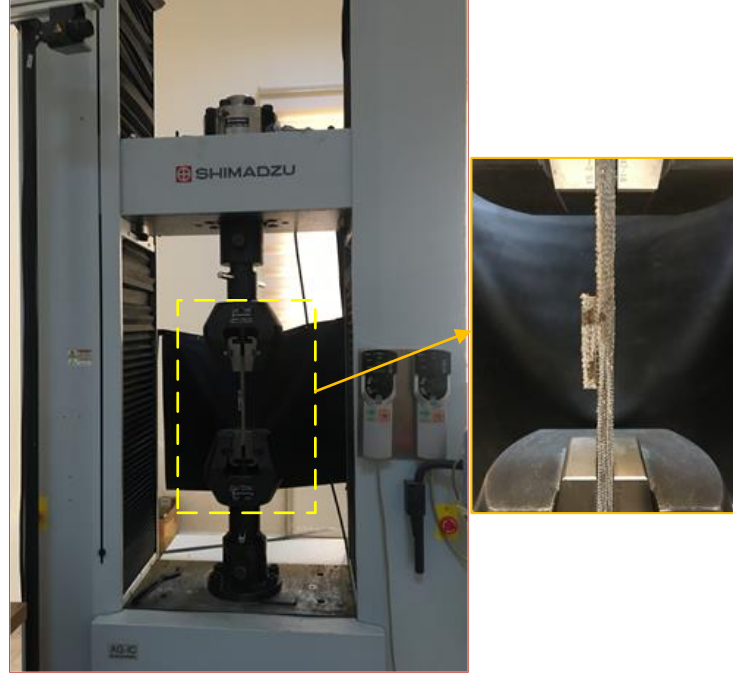
Takviyesiz yapıştırma işlemi tamamlandıktan sonra %0.1, %0.2 ve %0.3 GNP takviyeli yapıştırma işlemleri yapılmıştır. Bunu için öncelikle, hassas terazide %0.1, %0.2 ve %0.3 olarak ölçülen GNP'nin, DP410, DP460 ve DP490 ile ultrasonik karıştırıcıda homojen hale getirilerek yapıştırma işlemi yapılmıştır. Bu işlem için GNP ve yapıştırıcılar ultrasonik karıştırıcıda 15 dak. ve 30 Hz'de oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Bu hazırlık işleminden sonra DP410, DP460 ve DP490'nun GNP takviyeli yapıştırma işlemleri yapılmıştır. Şekil 4'te GNP takviyeli olarak yapıştırma işlemi yapılan tek bindirmeli numuneler gösterilmektedir.



Şekil 4. GNP takviyeli olarak yapıştırılan numuneler

2.3. Tensile tests

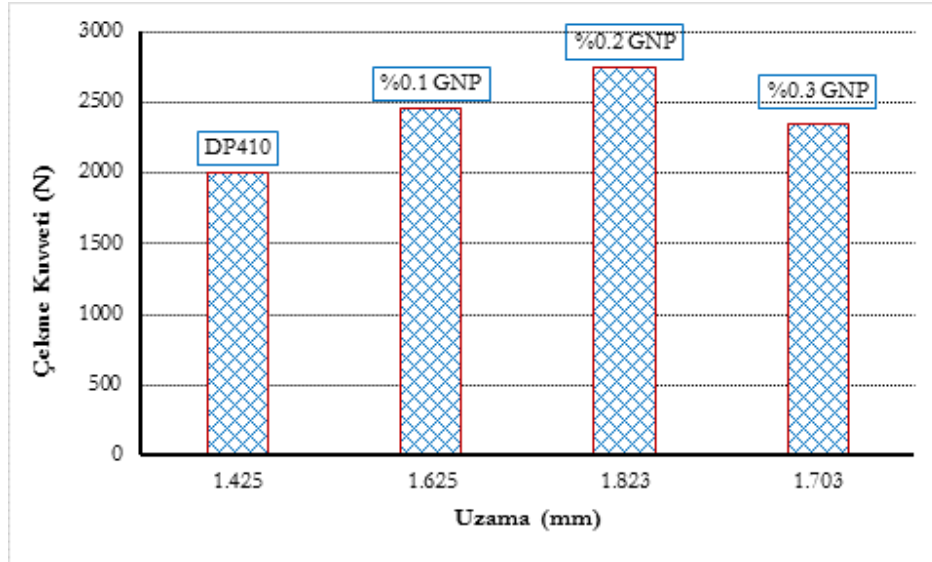
Numunelerin yapıştırma işlemleri bittikten sonra çekme deneyleri yapıldı. Çekme deneyleri 250 KN kapasiteye sahip SHIMADZU AG-IC marka çekme test cihazında 1mm/dak sabit ilerleme hızında gerçekleştirilmiştir (şekil 5). Yapılan çekme testlerinde hata payını minimize etmek için her bir parametrede deneyler üç kez tekrarlanmıştır. Daha sonra bu değerlerin ortalaması alınarak kuvvet-uzama değerleri belirlenmiştir.



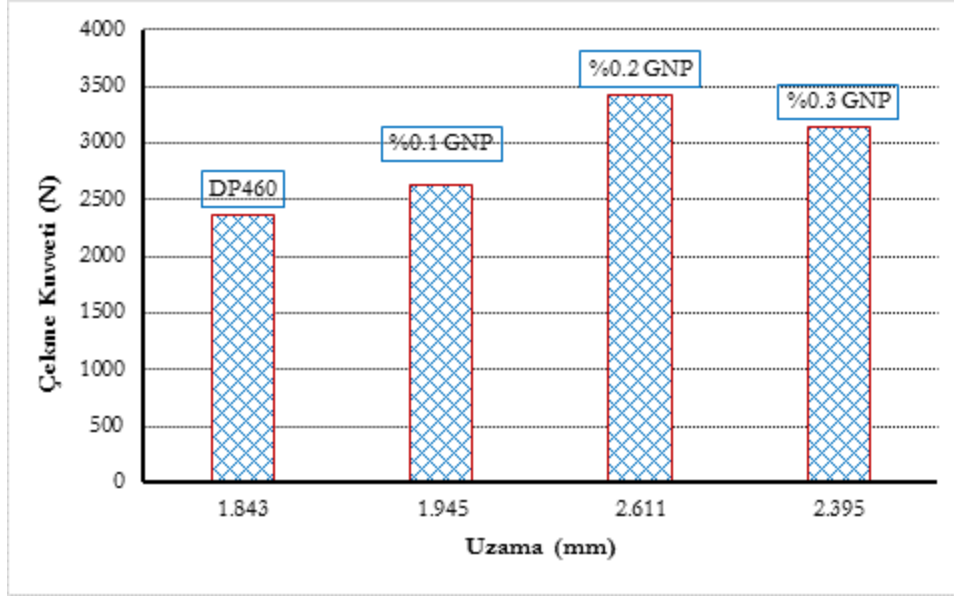
Şekil 5. Tek bindirmeli yapıştırılmaların çekme deneyleri

3. Results and discussion

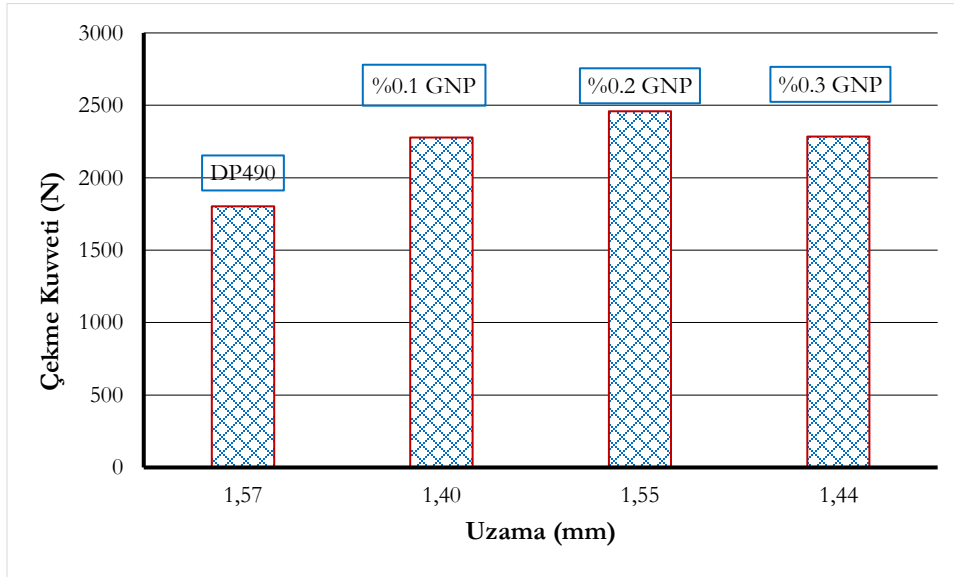
JFTP kompozit malzemelerinin tek yamalar ile yapıştırma işlemleri yapılmıştır. Yapıştırma işlemi için DP410, DP460 ve DP490 epoksi yapıştırıcıları ve bu yapıştırıcı ile birlikte %0.1, %0.2, %0.3 oranlarında grafen nano partikülü (GNP) kullanılmıştır. Yapıştırma işlemlerinden sonra her bir parametrenin yapıştırma çekme hasar yükü üzerine etkisi incelenmiştir. Bunun için her bir parametrede yapıştırma işlemi yapılan numunelerin çekme testleri yapılmıştır. Şekil 6, şekil 7 ve şekil 8'de %0.1, %0.2, %0.3 grafen nano partiküllerin kullanıldığı numunelerin kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 6. DP410 ve GNP'nin (%0.1, %0.2, %0.3) kullanıldığı yapıştırma bağlantılarının çekme-uzama değerleri



Şekil 7. DP460 ve GNP'nin (%0.1, %0.2, %0.3) kullanıldığı yapıştırma bağlantılarının çekme-uzama değerleri



Şekil 8. DP490 ve GNP'nin (%0.1, %0.2, %0.3) kullanıldığı yapıştırma bağlantılarının çekme-uzama değerleri

Partikülsüz olarak DP410, DP460 ve DP490 yapıştırıcıları kullanılarak yapılan yapıştırma bağlantılarının çekme kuvvetleri sırasıyla 2000, 2367.2 ve 1802 N olarak elde edilmiştir. Bu kuvvetlere karşılık gelen uzamalara bakıldığında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Yani çekme kuvvetinde olduğu gibi en büyük uzama DP460 yapıştırıcı ile yapılan bağlantıdan 1.843 mm (şekil 7) olarak elde edilmiştir. Partikül takviyesinin yapıştırma bağlantıları üzerindeki etkilerine bakıldığında, %0.1 GNP takviyesinin bütün yapıştırma bağlantılarında artış sağladığı görülmüştür. Fakat en yüksek artış DP410 ve DP490 yapıştırıcılarında sırasıyla %22.7 ve %26.4 olmuştur. %0.2 GNP takviyeli bağlantılarında ise

DP410 ve DP490 yapıştırıcılarında %37.6 ve %36.4 oranlarında artış olmuştur. DP460 yapıştırıcısında ise 3425 N'luk çekme kuvveti ile %44.7 bir artış olmuştur. %0.3 GNP takviyeli yapıştırma bağlantılarında çekme kuvvetlerine karşı dirençlerin düştüğü görülmüştür. Bundan dolayı bütün yapıştırıcılar için %0.2 GNP oranı kritik değer olduğu söylenebilir. Çünkü %0.2 GNP takviye üzerindeki yapıştırma bağlantılarında çekme kuvvetlerinin düştüğü görülmüştür.

4. Overall conclusions

DP410, DP460 DP490 yapıştırıcıları ve %0.1, %0.2, %0.3 oranlarda grafen nano partikülünün (GNP) kullanıldığı tek yama bindirmeli yapıştırma bağlantılardan elde edilen numunelerin çekme kuvvetleri ve uzamalarının sonuçları aşağıda verilmiştir.

- ✓ DP410 yapıştırıcı ile yapılan tek yama bindirmeli yapıştırma bağlantısının çekme kuvveti 2000 N'dir. %0.1, %0.2 ve %0.3 GNP'nin takviyesi ile yapılan bağlantıların çekme kuvvetleri ise sırasıyla 2454.7, 2753.1 ve 2345.3 N'dür.
- ✓ DP460 yapıştırıcı ve grafen nano partikülün (GNP) takviyesi ile yapılan tek yamalı birleştirmelerin çekme hasar yükleri %0.2 takviye oranında 3425 N olarak en yüksek değer elde edilmiştir. Ayrıca %0.1, %0.2 ve %0.3 takviye oranlarının bağlantılarından elde edilen çekme kuvveti takviyesiz olarak yapıştırılan numunenin çekme kuvvetinden daha yüksek elde edilmiştir.
- ✓ DP490 ve GNP'nin kullanıldığı yapıştırma bağlantıların çekme kuvvetleri, takviyesiz bağlantının 1802 N, takviyelerinin ise sırasıyla 2277, 2459 ve 2284.7 N'dür. Benzler şekilde DP410 ve DP460 yapıştırıcıların kullanıldığı yapıştırma bağlantılarında olduğu gibi GNP takviyesinin yapıştırma bağlantılarının çekme kuvvetini artırmıştır. Ancak en yüksek etki %0.2 GNP takviye oranlarında oluşmuştur.

□

References

- Arabiy, S., Li, J., Shi, G., Ma Z., Ma, J. (2017). Graphene for flame-retarding elastomeric composite foams having strong interface. *Compos A Appl Sci Manuf* 2017;101:254–64. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2017.06.022>
- Borghesi H.R., Behjat B, Yazdani, M. (2019). The impact of graphene nanoparticle additives on the strength of simple and hybrid adhesively bonded joints. *Journal of Composite Materials*, Vol. 53(23) 3335–3346. <https://doi.org/10.1177/0021998318817588>.
- Çetkin, E. (2019). Determination of tensile strength of jute reinforced polymer matrix composites bonded in different overlap lengths. *Uluslararası Bilim ve Mühendislik Sempozyumu*, page:1352-1361, 20-22 Haziran 2019/Siirt/Turkey.
- Dorigato, A., Pegoretti, A., Bondioli, F., Messori, M. (2010). Improving epoxy adhesives with zirconia nanoparticles. *Compos Interfaces* 2010;17(9):873–92.
- Han, S., Meng, Q., Araby, S., Liu, T., Demiral, M. (2019). Mechanical and electrical properties of graphene and carbon nanotube reinforced epoxy adhesives: Experimental and numerical analysis. *Composites Part A* 120, 116–126. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2019.02.027>.
- Li, X., Chen, Y., Cheng, Z., Jia, L., Mo, S., Liu, Z. (2014). Ultrahigh specific surface area of graphene for eliminating subcooling of water. *Appl Energy* 2014;130:824–9.
- Moriche, R., Prolongo, S.G., Sánchez, M., Jiménez-Suárez, A., Chamizo, F.J., Ureña, A. (2016). Thermal conductivity and lap shear strength of GNP/epoxy nanocomposites adhesives. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 68, 407–410. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.12.012>.
- Novoselov, K.S., Geim A.K., Morozov S.V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S.V., Grigorieva, I.V., Firsov A.A. (2004). Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. *Science*, Vol. 306, No. 5696, 2004, pp. 666-669. doi:10.1126/science.1102896
- Pinto, A.M., Martins, J., Moreira, J.A., Mendes, A.M., Magalhães, F.D. (2013). Dispersion of graphene nanoplatelets in poly (vinyl acetate) latex and effect on adhesive bond strength. *Polym Int* 2013;62(6):928–35.
- Razavi, S.M.J., Ayatollahi, M.R., Nemati A.G., Khoramishad, H. (2018). Single lap joints bonded with structural adhesives reinforced with a mixture of silica nanoparticles and multi walled carbon nanotubes. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 80, 76–86. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2017.10.007>.
- Sadigha, M.A.S, Marami, G. (2018). Enhancing fatigue life in adhesively bonded joints using reduced graphene oxide additive: Experimental and numerical evaluation. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 84, 283–290. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2018.04.001>.
- Zhai, L., Ling, G., Li, J., Wang, Y. (2006). The effect of nanoparticles on the adhesion of epoxy adhesive. *Mater Lett* 2006;60(25):3031–3.
- Zhai, L.L., Ling, G.P., Wang, Y.W. (2008). Effect of nano-Al₂O₃ on adhesive strength of epoxy adhesive and steel. *Int J Adhes Adhes* 2008;28(1):23–8.

Comparison of Load Balance Algorithms Using CloudAnalyst Simulation

Ersin Çağlar²

Sertuğ Kaptan³

Introduction

In the 1950s, mainframe computers were huge and prohibitively expensive (Landauer, 1995: 118), which led the major companies and organizations to purchase one or two machines and use them on time-sharing schedules. In the mid-1960s, an American computer scientist named J.C.R. Licklider came up with an idea for an interconnected system of computers. In 1969, Bob Taylor and Larry Roberts, using Licklider's revolutionary idea, developed something known as ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network) which is widely referred to as "predecessor- of the Internet" (Bidgoli, 2004: 97). Several telecommunication companies released their versions of virtualized private networks (VPNs). Cloud computing started gaining popularity in 2007 thanks to the exponential development of communication channels as well as the need of businesses and organizations to expand their information systems (Arutyunov, 2012: 177). Nowadays, many companies actively utilize cloud computing, i.e., Google has Google documents which allows work with office documents (Arutyunov, 2012: 177).

Cloud computing is a way of giving users and customers access to cloud services with the usage of web tools (Enejo vd., 2019: 455). When connecting to these services, the user's computer requires almost no software (Assuming this computer has an operating system and a web browser) Which makes connecting to them incredibly easy even if the user is not an expert at using computers (Enejo vd., 2019: 455). There are various types and categories of cloud services that deliver software on-demand, creating and testing applications, audio, and video streaming, etc. Even though cloud computing is a new technology, it is utilized by various companies (Attiya and Zhang, 2017: 36). Everything from small businesses to companies and even a single user can obtain or make their cloud computing service. When a company has its cloud computing service this helps them attract users through the internet without physically going to the Organization or company. Cloud computing services have load balancing algorithms as well as broker policies to perform better for the consumers that try to access these services (Jyoti vd., 2020: 22).

Load balancing algorithms act as a guide for user requests to get better efficiency while connecting to the data centers (Kaur and Ghuman, 2017 :28). Load balancing algorithms can also help when a data center goes down by routing to a different data center that can handle these requests (Alankar vd., 2020: 7342). These algorithms can also prevent bottlenecks from happening by directing the user requests to a different data center for better information flow and connection (Noormohammadpour and Raghavendra, 2017: 1501). Data centers also utilize service broker policies that are different types of service broker policies. Depending on what service broker policies and load balancing algorithms, users can connect to the services faster and also have a faster response from the

² Ersin Çağlar, Assist. Prof. Dr., European University of Lefke, Management Information Systems

³ Sertuğ Kaptan, European University of Lefke, Computer Engineering

services. There are many load balancing algorithms developed for different purposes (Kaur and Luthra, 2012: 22). This paper will observe, which load balancing techniques will perform better than the others as well as under what conditions they are going to perform better. A software called cloud analyst is used with additional load balancing algorithms to simulate the results. The broker policy is the same so that the results change only by the load balancing algorithm that is being used. Then the workload/data requests from the user are changed and gradually increased from 100 bytes up to 5000 bytes. Moreover, the response time of data centers is monitored to obtain the results.

Literature Review

There have been different studies in this field about load balancing algorithms and cloud computing conducted previously. Some studies focus on comparing different load balancing algorithms with different cases to see which one performs the best as well as observing the cost of these load balancing algorithms when implemented. Comparative studies can be done with simulators like in this paper, which can help find results closer to the one of real life (Kumar and Sharma, 2017: 327).

In (Mesbahi vd., 2016: 148) a study done by comparing load balancing algorithms as well as changing the broker policies to observe the best combination, the authors iterated in a total of 45 different cases that changed, workload per request, broker policies, and load balancing algorithms. This paper has utilized three different load balancing algorithms with three different broker policies as a result the paper has found out that the throttled load balancing algorithm has outperformed all of the other load balancing algorithms.

In (Volkova, vd., 2018: 388) another study, the authors of the paper aimed to compare the load balancing algorithms while implementing facebook's user population for each region, and the study was simulated using Cloud analyst. The study speculated that only 5% of the population will be online during the peak hours and the rest of the time there will be only 1/10 of the peak user population. The study has tested only three load balancing algorithms which were Round robin, Equally spread, and Throttled. The simulations were over 24 hours and the result was, throttled was faster than the rest of the load balancing algorithms as well as throttled being cheaper.

Another (Panwar and Mallick, 2015: 61) research conducted is a comparative study of load balancing algorithms and it gives information about the load balancing algorithms and their types. After that design of the simulator(Cloud analyst) was explained and configurations of the simulator were shown were authors of the paper chose to compare round-robin and throttled with four data centers and four user bases. This case was simulated for an hour. In the end, from analyzing and observing the results, authors came up with the conclusion that, throttled less compared to round-robin. Therefore, throttled is more efficient to run on cloud computing data centers.

In (Ramadhan vd., 2018: 1140) another research, the authors firstly start by discussing information about the load balancing algorithms that come with cloud analyst simulators. Moreover, the paper talks about the scenario as well as the simulator configurations which include data center properties, user bases, load balancing algorithms, and the latency matrices. Simulations were set up with the assumption that the users will use the app for 2 hours at night and every 5 minutes a new request is loaded. Amazon EC2 pricing was taken into consideration for pricing. Throttled load balancing algorithm was used for simulations where the results of the simulations are observed which show the response times, request servicing times, and the cost. The authors of the paper concluded that minimum, average and maximum are too far apart from each other.

Authors (Phi vd., 2018, 92) have suggested a throttled modified algorithm, to compare it to the other load balancing algorithms with cloud analyst which is a simulator for cloud computing. Paper explains other load balancing algorithms such as round-robin and throttled algorithms as well as

discussing simulation setup. Users utilized the application for 2 hours in the evening after work and every 5 minutes each user sends a new request. In the simulation, 6 user bases are located in different regions with a single data center. This paper reflected the simulations and 2 different scenarios. The first scenario is, the data center having 20 virtual machines. The second scenario is about, the data center having 50 virtual machines. After analyzing the simulation results authors came to the conclusion that the suggested TMA performed better than the other two algorithms which were round-robin and throttled algorithms.

After looking at the papers referenced above it can be seen that none of the papers has tried to implement and compare, as many load balancing algorithms and parameters as used in this paper. In the next section, the proposed model will be explained in detail.

Proposed Model

In this section, the proposed model of the simulations will be discussed with the numbers from the simulations. Details of the simulation configurations will be elaborated as well as the information about the simulations will be presented. The proposed model is simulated using a cloud analyst. Simulation of the proposed model will make the results closer to real-life results which will validate the results more.

The purpose of this model is to compare load-balancing algorithms by iterating data request sizes from 100 to 5000. Increasing the request size will increase the load for each Datacenter which could be used to compare the performance of the load balancing algorithms. To check the comparison, the cost and response time were taken as parameters.

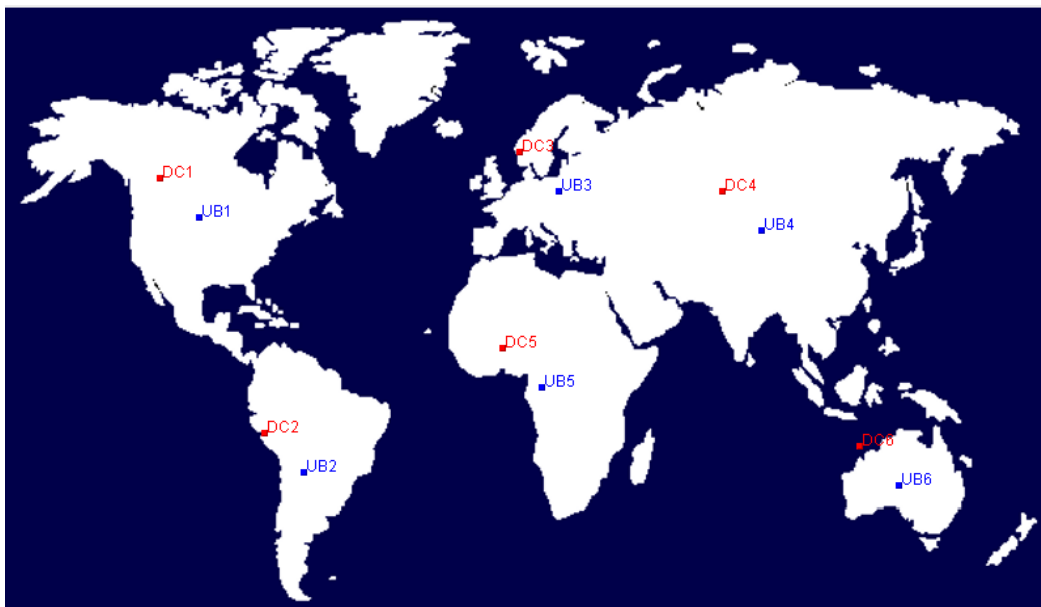


Figure 1: Configuration map

As it can be seen in figure 1, Cloud analyst was configured to have data centers for each continent. Data centers are crucial in reducing response time. Having a data center in each continent will let people in that continent connect with that data center instead of a data center on the other side of the world. Configurations also include a user base for each continent. As in real life, each continent

has people that use the internet. However, these user bases are scaled down so that the computers can simulate these easier.

Table 1: User base modeling

Base	ID Region	Requests per User per Hour	Data size per Request	Peak Hour (GMT)	Avg Peak Users	Avg Off-Peak Users
UB1	0	60	5000	13:00-15:00	25000	2500
UB2	1	60	5000	15:00-17:00	37000	3700
UB3	2	60	5000	20:00-22:00	30000	3000
UB4	3	60	5000	01:00-03:00	80000	8000
UB5	4	60	5000	21:00-23:00	14000	1400
UB6	5	60	5000	09:00-11:00	2500	250

Table 1 shows the configurations used for user base modeling. However, the Data size per Request changed for each iteration.

For the configuration, off-peak hours are 1/10 of peak hours. In the table above, it can be seen data size per request is set to 5000. However, it changes for each case that was iterated from 100 to 5000.

Data Center configurations can be seen in table 2 where the Server broker policy has been set to the closest data center.

Table 2: Datacenters Configuration

Data Center	#VMS	Image Size	Memory	BW
DC1	5	10000	512	1000
DC2	5	10000	512	1000
DC3	5	10000	512	1000
DC4	5	10000	512	1000
DC5	5	10000	512	1000
DC6	5	10000	512	1000

Table 3: Details of Datacenters

Name	Region	Arch	OS	VMM	Cost Per Vm \$/HR	Memory Cost \$/s	Storage Cost \$/s	Data Transfer Cost \$/Gb	Physical HW units
DC1		5 x86	Linux	Xen	0.1	0.05	0.1	0.1	20
DC2		5 x86	Linux	Xen	0.1	0.05	0.1	0.1	20
DC3		5 x86	Linux	Xen	0.1	0.05	0.1	0.1	20
DC4		5 x86	Linux	Xen	0.1	0.05	0.1	0.1	20
DC5		5 x86	Linux	Xen	0.1	0.05	0.1	0.1	20
DC6		5 x86	Linux	Xen	0.1	0.05	0.1	0.1	20

The advanced part of the simulation configuration will be changed. Load balancing policy is included in the advanced part of the configuration which is one of the main purposes of the simulation.

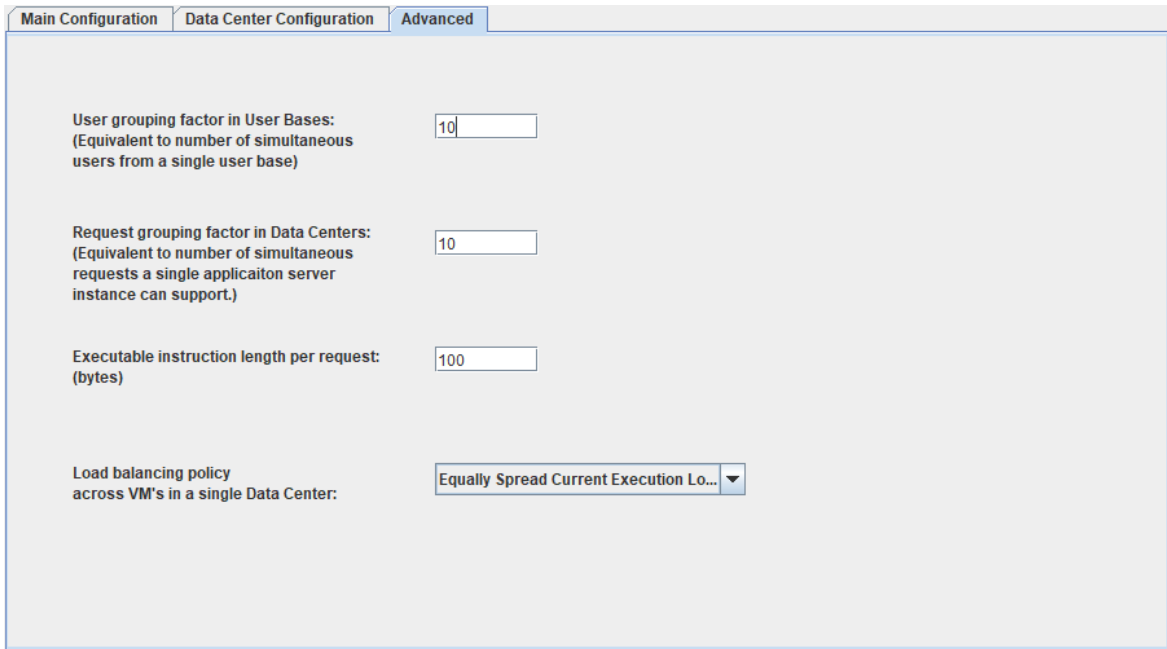


Figure 2: Advanced configuration

The last configuration that will be shown is internet characteristics which include delay matrix, bandwidth matrix as shown in table 5.

Table 5: Delay Matrix

Delay Matrix

The transmission delay between regions. Units in milliseconds

Region\Region	0	1	2	3	4	5
0	25	100	150	250	250	100
1	100	25	250	500	350	200
2	150	250	25	150	150	200
3	250	500	150	25	500	500
4	250	350	150	500	25	500
5	100	200	200	500	500	25

Bandwidth Matrix

The available bandwidth between regions for the simulated application. Units in Mbps

Region\Region	0	1	2	3	4	5
0	2.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1	1.000	800	1.000	1.000	1.000	1.000
2	1.000	1.000	2.500	1.000	1.000	1.000
3	1.000	1.000	1.000	1.500	1.000	1.000
4	1.000	1.000	1.000	1.000	500	1.000
5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	2.000

Lastly, after discussing the simulation configurations and elaborating on the details, the analysis and observation of the result is the only part left. For analysis, there are more than 4 parameters that have been observed from the simulation as overall response time, Datacenter processing times, virtual machine cost, Total data transfer cost, and total cost. However, the parameters that can show the difference between the load balancing algorithms are data center processing time and overall response time. When comparing the load balancing algorithms, parameters are used when choosing the best load balancing algorithm.

After entering the configurations and starting the simulation the parameters were observed and the results have been recorded from simulations and prepared into graphs to make the comparisons easier. The graphs and results that have been observed will be shown in the Results section.

RESULTS

In this section, recorded results data will be revealed. Results have been separated into 2 different graphs which are, data center processing time and overall response time. More parameters could have been shown, however, the most drastic differences can be seen in the 2 parameters that will be shown in the graphs below.

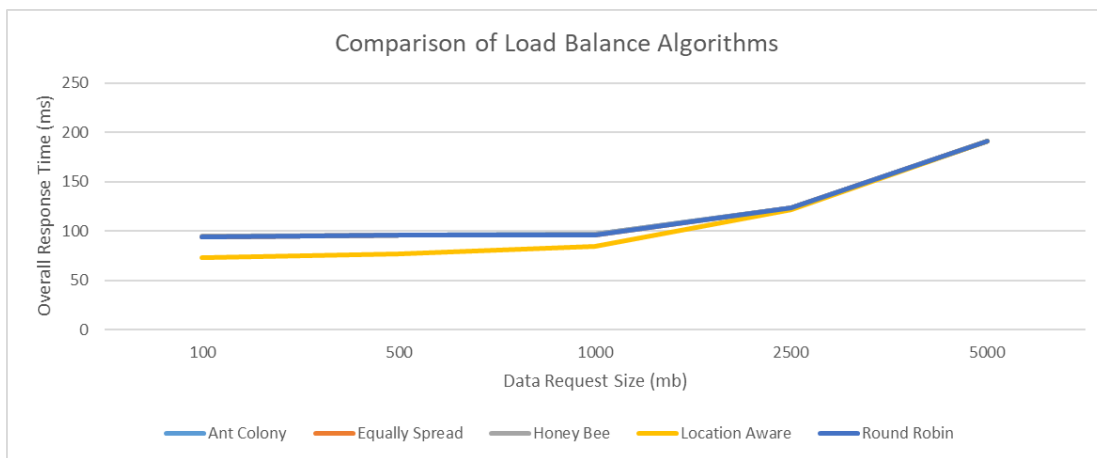


Figure 3: Comparison of Load Balance Algorithms based on Overall Response time

The graph above shows the overall response time between the load balancing algorithms under different loads. When looking at this graph, It can be seen that the Location-aware load balancing algorithm makes the overall response time of the data center lower at a low data request size. However, when the data request size starts increasing, Location-aware response times start being equal to the other load balancing algorithms. It is also revealed that on every data request size rest of the algorithms have a similar response time.

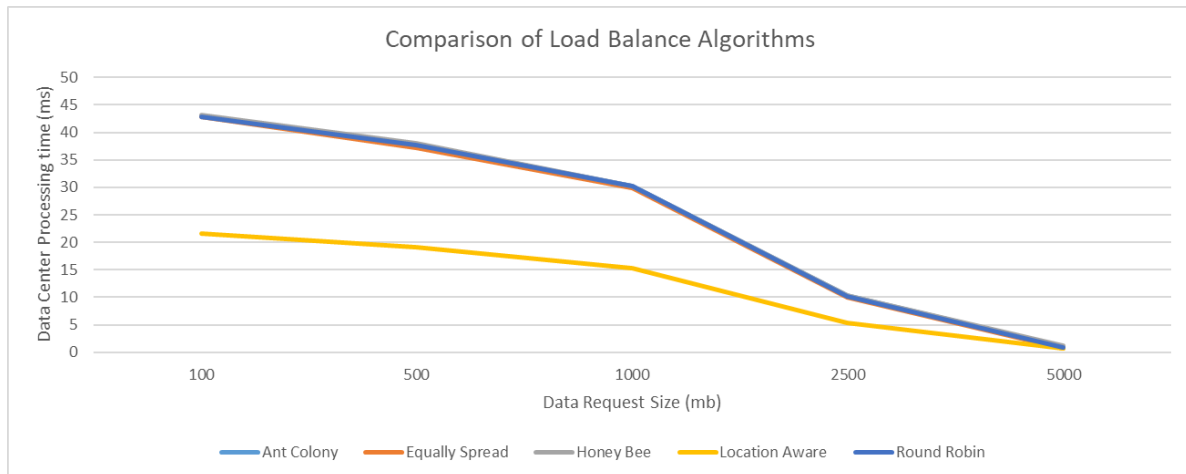


Figure 4: Comparison of Load Balance Algorithms based on data center processing time

The graph above is the data center processing times, which shows how fast a data center process a request and then executes it. After observing the graph, it is revealed that on the smaller data request size there is almost a 20 ms difference between location-aware and the rest of the load balancing algorithms. When looking at the bigger data request size the processing times of the data centers start shrinking and almost equaling to each other. Only load balancing algorithm that portrays different behavior is location-aware with its initial faster processing times. The rest of the load balancing algorithms have been tested.

CONCLUSION

Over the years, load balancing algorithms have become exponential. After companies around the world started providing their services from the internet, data centers need to be optimized to provide better connections and services. To achieve this goal, data centers started improving the load balancing algorithms which are implemented into the data centers. Improving the load balancing algorithms means that users could connect to the data centers faster and without any delays or problems.

In this paper, after observing the importance of load balancing algorithms, they have been put into simulations to test which would give out better results and under what circumstances these results would be better. For this, the load balancing algorithms were set up to imitate real-life results. After configuring the simulator and running it, the results were recorded as well as observed.

After observing the results from the simulations, when it comes to data center processing time, location-aware is the best load balancing algorithm. This trend can also be seen in the overall response time, Location-aware is the best load balancing algorithm. However, when data request size was increased, load balancing algorithms started behaving the same and giving out similar results. This reveals that location-aware is the best when it comes to lower data request size but when the request size is increased, all of the load balancing algorithms will start equating to the same speeds and rates. Hence, the load balancing algorithm only matters when it comes to low data sizes.

REFERENCES

- Alankar, B., Sharma, G., Kaur, H., Valverde, R., & Chang, V. (2020). Experimental Setup for Investigating the Efficient Load Balancing Algorithms on Virtual Cloud. *Sensors*, 20(24), 7342.
- Arutyunov, V. V. (2012). Cloud computing: Its history of development, modern state, and future considerations. *Scientific and Technical Information Processing*, 39(3), 173-178.
- Attiya, I., & Zhang, X. (2017). Cloud computing technology: Promises and concerns. *International Journal of Computer Applications*, 159(9), 32-37.
- Bidgoli, H. (2004). *The Internet Encyclopedia Vol. 3 PZ*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Eneajo, M., Kirsal, Y., Çağlar, E., & Paranthaman, V. V. (2019, September). Analytical Modelling and Traffic Control Analysis of Security Attacks for Cloud Computing. In *2019 4th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)* (pp. 453-457). IEEE.
- Jyoti, A., Shrimali, M., Tiwari, S., & Singh, H. P. (2020). Cloud computing using load balancing and service broker policy for IT service: a taxonomy and survey. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1-30.
- Kaur, R., & Ghumman, M. N. S. (2017). An Improved Resource Allocation Strategy Based On Package Level Access In Cloud Environment. *International journal*, 16(7).
- Kaur, R., & Luthra, P. (2012, December). Load balancing in cloud computing. In *Proceedings of international conference on recent trends in information, telecommunication and computing, ITC*.
- Kumar, M., & Sharma, S. C. (2017). Dynamic load balancing algorithm for balancing the workload among virtual machine in cloud computing. *Procedia computer science*, 115, 322-329.
- Landauer, T. K. (1995). *The trouble with computers: Usefulness, usability, and productivity*. MIT press.
- Mesbahi, M. R., Hashemi, M., & Rahmani, A. M. (2016, April). Performance evaluation and analysis of load balancing algorithms in cloud computing environments. In *2016 Second International Conference on Web Research (ICWR)* (pp. 145-151). IEEE.
- Noormohammadpour, M., & Raghavendra, C. S. (2017). Datacenter traffic control: Understanding techniques and tradeoffs. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(2), 1492-1525.
- Panwar, R., & Mallick, B. (2015). A comparative study of load balancing algorithms in cloud computing. *International Journal of Computer Applications*, 117(24).
- Phi, N. X., Tin, C. T., Thu, L. N. K., & Hung, T. C. (2018). Proposed load balancing algorithm to reduce response time and processing time on cloud computing. *Int. J. Comput. Networks Commun*, 10(3), 87-98.
- Ramadhan, G., Purboyo, T. W., & Latuconsina, R. (2018). Experimental model for load balancing in cloud computing using throttled algorithm. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(2), 1139-1143.
- Volkova, V. N., Chemenkaya, L. V., Desyatirikova, E. N., Hajali, M., Khodar, A., & Osama, A. (2018, January). Load balancing in cloud computing. In *2018 IEEE conference of russian young researchers in electrical and electronic engineering (EIConRus)* (pp. 387-390). IEEE.

Propoksür'un Modifiye Camsı Karbon Elektrot ile Elektrokimyasal Tayini

Gökhan UZUN¹

Zühre ŞENTÜRK²

Giriş

Pestisitler sağladıkları katkı ile özellikle ticari amaçlı tarımın vazgeçilmez bir unsurudur. Sürekli artmakta olan dünya nüfusunun bununla başa çıkabilmesi için gıda üretiminin de artması gerekmektedir,

Sürekli artan insan popülasyonunun avcılık ve toplayıcılık ile gelişimini ve ihtiyaçlarını bir noktaya kadar sağladıktan sonra tarıma başladı kısa bir zamanda da bunu sistematik hale getirdi. Ardından eskiden bizde de olduğu gibi yıllardır serbest olarak doğada yetişen ürünleri tüketmeye alışan böcekler, kemirgenler ve yer seçmeksizin büyüyen yabancı bitkiler insanoğlu tarıma başladığında sınırların dışında kalmaya zorlandı.

Tarım insan beslenmesine doğrudan ve dolaylı olarak yarar sağlar. Hayvansal gıdanın sağlanabilmesi için de tarıma ihtiyaç vardır. Ancak halihazırda pestisit kullanılmasına rağmen %9'u hastalıklardan %11'i tarım zararlılarından %15'i ise yabancı otlardan kaynaklanan ve yaklaşık olarak tarımın veriminin %35 oranında azaltan kayıplara sahibiz bunu hasat sonrası kayıplar ile birleştirdiğimizde bu oran %50-%70 seviyesine gelebilmektedir(Avan & Kotan, 2021:168).

Dünyada pestisitlerin en yoğun olarak tartışıldığı zaman 1940 ve 50'li yıllar oldu. Sıtma, kolera gibi böcek kaynaklı hastalıklarla boğuşan dünya DDT'nin ne kadar mükemmel bir çözüm olduğunu keşfetti. Hastalıkların kaynaklarını yok ediyor tarımda verimliliği arttırıyordu. Hatta bu pestisit kaşifi olan Dr Paul Müller'e bir de Nobel kazandırdı. 50'li yıllarda rüzgar tersine dönmeye başladı. ABD Balıkçılık Bürosunda bir biyolog olarak çalışan Rachel Carson, 1951 yılında en çok satanlar listesinde yer alabilen The Sea Around kitabı ile bir ABD Ulusal Kitap Ödülü kazandı ve yetenekli bir yazar olarak tanınma fırsatı kazandı. Rachel, DDT adı verilen maddeyi ölen kuşların yumurtasına bakarak keşfetmişti ve birçok deney sonucu yumurtaların kabuğunda DDT olduğu doğrulandı. Ayrıca DDT vücut dokusundaki yağlarda çözülür ve gıda zincirinde biriken bir kimyasaldı. Tüm bunların sonucunda yazdığı Silent Spring çevresel endişeleri Amerikan halkında benzeri görülmemiş bir noktaya getiren kitap oldu. Silent Spring, kimyasal şirketlerin şiddetli muhalefetiyle karşı karşıya kalmasına rağmen, ulusal pestisit politikasında önemli bir yol açtı ve ulusal çapta DDT ve diğer zirai ilaçların birçoğunun yasaklanmasına yol açtı. Amerika Birleşik Devletleri'nde yaşanan bu gelişmeler tüm insanların pestisitlerin hakkında şüpheli bir yaklaşıma sahip olmasına sebebiyet verdi (Macgillivray 2011: 56)

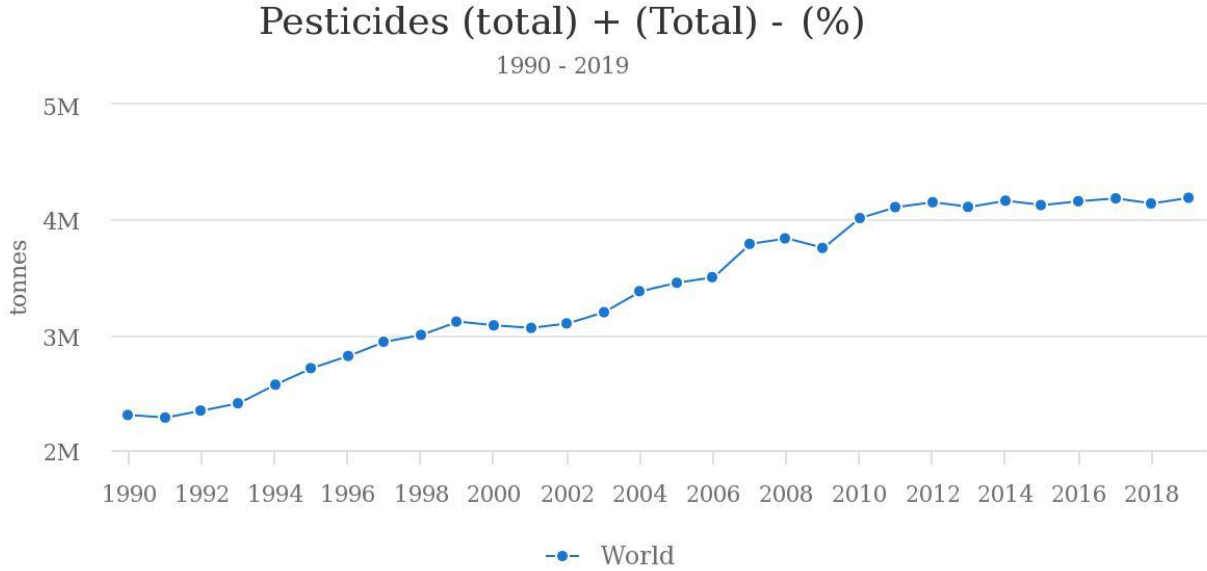
Pestisitler hızlı sonuç veren ekonomik ve koruyucu maddelerdir, üretim ve saklama prosedürlerinde oldukça yararlıdır. Ancak kontrolsüz kullanımı sonucunda tarım zararlılarında bağışıklık meydana getirme, kalıntılarının insanlara ulaşarak insan sağlığını tehdit etme, ekolojik dengede bozulmaya yol açma gibi problemler ile karşı karşıya kalmamıza sebebiyet veren pestisitler için ABD ve Avrupa Birliği birçok yasa çıkararak pestisit kullanımını kontrol altına almışlardır. Daha

¹ MSc., Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Kimya Bölümü, 0000-0001-9425-044

² Prof. Dr., Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Kimya Bölümü, 0000-0002-0356-9345

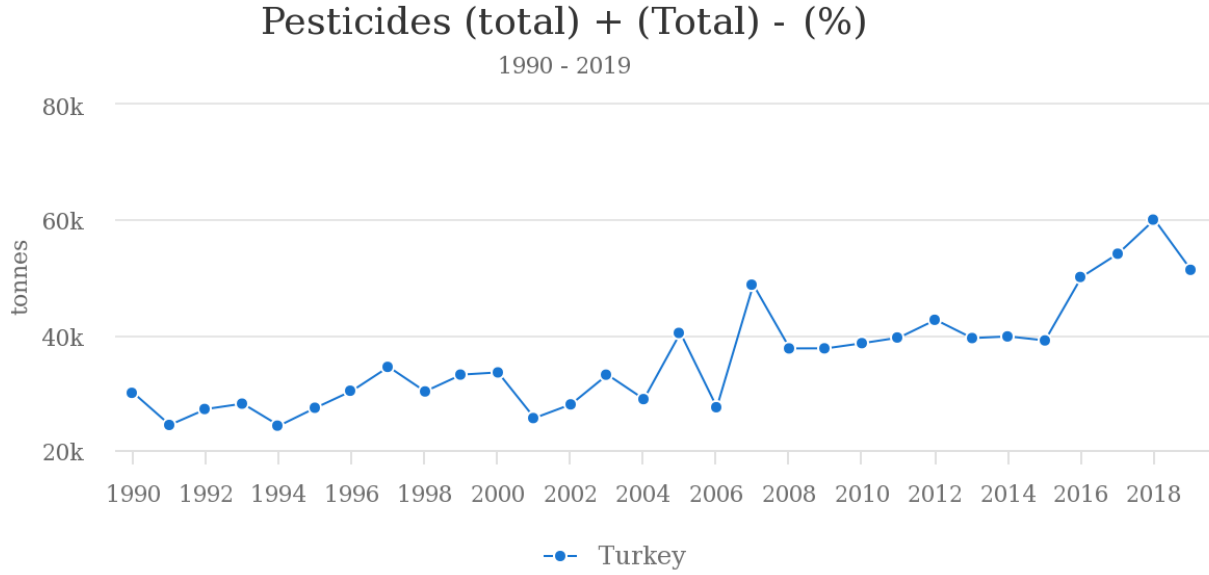
çevreci ve insan sağlığına karşı olumsuz etkileri olmayan pestisitlerin geliştirilmesine en büyük destek pestisitlerin analizlerinden gelmektedir. Aynı zamanda pestisit kullanımının yanında getirdiği en büyük sorun olan toksiditenin kontrol altında tutulması için pestisitlerin sürekli olarak izlenmesine ihtiyaç vardır.

Dünyada kıtalara göre sentetik pestisit kullanım durumuna baktığımızda 1990 ile 2019 arası Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü verilerine göre; %52,8 Asya %30 Amerika, %13,7 Avrupa, %1,3 Okyanusya, %2,2 Afrika olduğu rapor edilmiştir. Ülkeler bazında ise Çin 1416,128 ton ile 406,721 ton ile ikinci sırada bulunan ABD'nin 3 katı kadarlık bir pestisit kullanımı ile başı çekmektedir. Avrupa'da 11067,0 ton olan bu miktar ülkemizde ise bu değer 1083,9 tondur.



Şekil 1. Dünyada 1990-2019 arasındaki pestisit kullanımı (FAO)

Avrupa'da alan başına düşen pestisit miktarı 1990 ile 2019 yılları arasında yüzölçümüne göre hesaplandığında 2.614 gr/ km² iken bu oran Türkiye'de 1,383 gr/km² olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde Avrupa'ya oranla çok daha az pestisit kullandığımız görülmektedir ancak ülkemizdeki pestisit kullanımı oldukça heterojendir. Bölgelere göre bu kullanım incelendiğinde; Akdeniz Bölgesi %30 Marmara Bölgesi %19, Ege Bölgesi %18, İç Anadolu Bölgesi %17, Güney Doğu Anadolu Bölgesi %12, Karadeniz Bölgesi %3 ve Doğu Anadolu Bölgesi %1 takip etmektedir.(Avan & Kotan, 2021: 169)

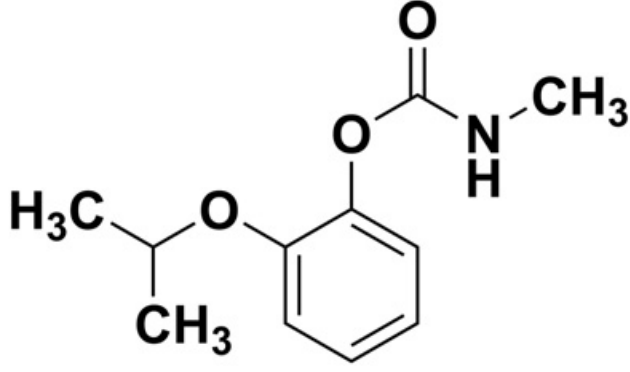


Şekil 2. Türkiye’de 1990-2019 arasındaki pestisit kullanımı (FAO)

Propoksür hakkında genel bilgiler.

Pestisitler genellikle kullandıkları tarım zararlısının türüne göre ve içerdikleri kimyasal aktif gruplara göre sınıflandırılırlar. İnsektisit, fungusit, herbisit, rodentisit, nematisit en çok bilinenlerdir. İnsektisitler hedef canlıda enzim asetilkolinesteraz inhibe ederler. Bu da zehirlenmeleri akla getirir ki; zehirlenmelere karışan ilk pestisit kategorisi asetilkolinesteraz inhibitörleri karbamatlar (%17.55, n=352); organofosfatlar (%15.15, n=304) ve organoklorinler (%29.21, n=586) olarak bulunmuştur. Bertero ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada pestisit zehirlenmelerinin evcil hayvanlarda görülen vakaları kedilerde 86/408 tavuklarda 4/16 köpeklerde ise 112/1138 oranında karbamat kaynaklı olduğu ortaya konulmuştur (Bertero et al., 2019: 136129).

Karbamatlı pestisitler arasında bilinen bir yere sahip olan propoxur özellikle büyükbaş küçükbaş, kümes ve ev hayvanları için böcek veya mantar ilacı olarak en çok kullanılan pestisit türlerinin başında yer alır. 1959 yılında keşfedilen bu pestisit nörötoksisite de dahil olmak üzere bir dizi olumsuz etkisi vardır hem akut hem de kronik maruziyette hafızayı olumsuz etkiler ve oksidatif strese neden olur (Muda et al., 2018: 1). Baygon® (Şekil 1) olarak da bilinen propoxur, diğer karbamatlı pestisitlerde olduğu gibi sinir sisteminin asetilkolin enzimini inhibe etmek sureti ile tarım zararlılarını etkileyerek çalışır (Khadadoust et al., 2014: 3118).



Şekil 3. Propoxurun kimyasal yapısı (2-izopropoksifenil-N-metilkarbamat) (PPX)

Toksitelerinin oldukça fazla olduğu bilinen tarım ilaçları bu sayede takip edilmesi gerekliliğini de yanında getirmektedir. Pestisit tayininde en çok kullanılan analiz yöntemi genellikle kromatografi çeşitleri olmuştur. Yüksek duyarlılığa ve tekrar edilebilirliğe sahip olmasına rağmen oldukça karmaşık prosedürlere pahalı gereçlere ihtiyaç duyan bu yöntem zaman zaman fazlaca kimyasal ürüne ihtiyaç duymaktadır. Gaz kromatografisi karbamatlı pestisitlerde yüksek ısıda bozulmasından dolayı analiz zorlaşır (Ni & Cao, 2006: 432). Yüksek performanslı sıvı kromatografisinde deneye başlanmadan önce ZnS:Ni gibi bir eliminsayon ortamı için sentezlenmesine ve karakterizasyonuna ihtiyaç vardır (Boeris et al., 2014: 25), sıvı kromatografisi - kütle spektroskopisi (Fernández et al., 2000: 44), gaz kromatografisi – kütle spektroskopisi (Jia et al., 2015: 161), spektrofotometrik metodlar (Ni et al., 2004: 178), floresans ve (Ni & Cao, 2006: 432), optik yöntemler (Pogac & Yünlük, 2001: 632) benzer komplikasyonlara sahiptirler. Elektrokimyasal yöntemler ise analiz için iyi bir alternatif oldu. Basit, hızlı, ekonomik, çevre dostu, yerinde analize izin veren ve çevreye zarar vermeyen bu analiz yöntemi propoxur için olduğu gibi (Selva & Paixão, 2016: 114) diğer pestisit izlemelerinde de kullanılabilir. Yasal gerekliliklerin yerine getirilmesi amacıyla göre kromatografi ve diğer metodların yavaş kalmasından dolayı elektroanalitik yöntemlerin geliştirilmesi ve desteklenmesi ayrı bir önem taşımaktadır.

Bu çalışmada döngüsel voltametrinin faydalarından yararlanılarak kare dalga voltametrisinde hassas ve kullanışlı bir analiz metodu ortaya konulması amaçlanmıştır. Bunun için CTAB ve SLS surfaktanlarının modifikasyonları denenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Kimyasallar

Çalışmamızda kullanılan tüm kimyasallar Sigma-Aldrich ve Merck firmalarından satın alınmıştır. Deneysel çalışmalar, ultra saf su kullanılarak, oda sıcaklığında gerçekleştirildi. pH 2-10 arasındaki 0.1 M Britton-Robinson (BR) tamponu destek elektroliti olarak kullanıldı. Methanolde çözülen propoksür 10-2 mol/L olarak stok çözelti olarak kullanıldı. İki kez saflaştırma işlemine maruz bırakılan deiyonize saf su ile seyreltme işlemleri uygulandı ve kullanılmadığı zaman +40C'de muhafaza edildi.

Analiz Cihazı ve Elektrot

Voltametik çalışmalar, elektrokimyasal analiz cihazı Autolab tip III (GPES 4.9 yazılım paketi (EcoChemie, Hollanda)) ile gerçekleştirildi. Elde edilen yalın voltamogramlara, 'Savitzky ve Golay' yazılım programı kullanılarak zemin düzeltilmesi yapılmıştır. Referans elektrot olarak MF 2012, BAS

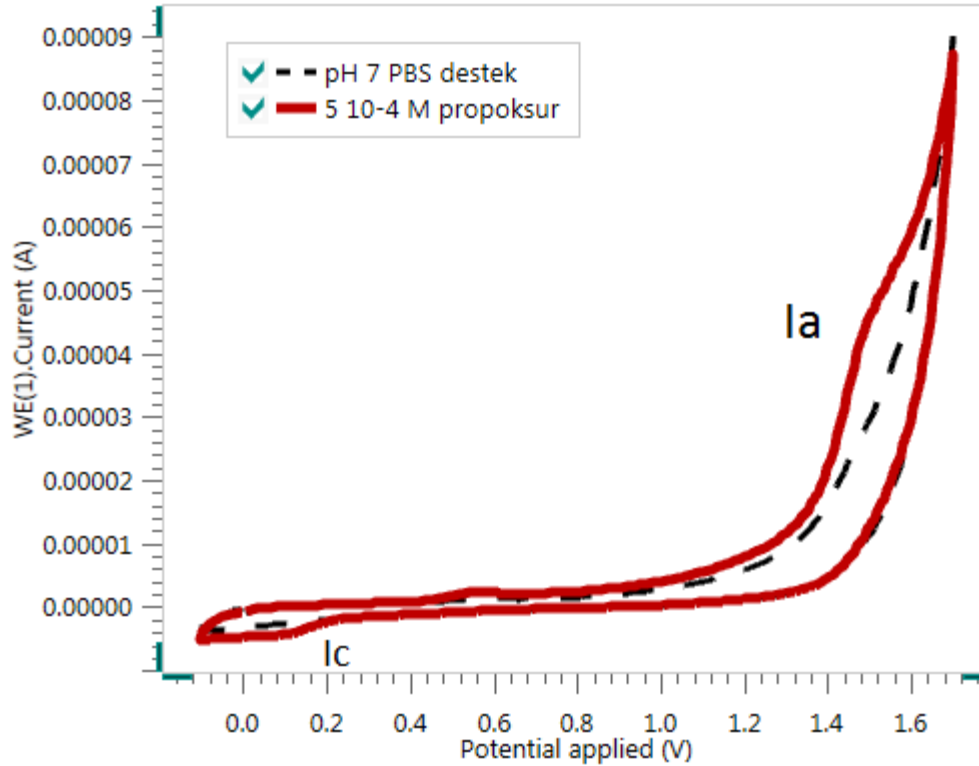
kodlu Ag/AgCl, yardımcı elektrot olarak MW 1032, BAS kodlu platin tel elektrot kullanılmıştır. 10 mililitrelik elektrokimyasal pyrex® deney hücreleri (üç elektrot girişli) kullanılmıştır. Düzenegin alt kısmına manyetik karıştırıcı yerleştirilmiştir. WTW, inolab pH 720 ile çözeltilerin pH ölçümleri yapılmıştır. Çalışma elektrodu olarak camımsı karbon elektrot ve polycytab modifiye camımsı karbon elektrot kullanıldı.

Elektrot Modifikasyonunun Hazırlanması

CTAB (setiltrimetilamonyum bromür) 0.1 M H₂SO₄ içinde çözülerek 1x10⁻² M hazırlandı ve pH 7.0 fosfat tamponunda içerisinde seyreltildi. Bu çözelti içerisinde elektrokimyasal olarak yalın camımsı karbon elektrot yüzeyine (-0.8/-1.2/-0.8 V) potansiyelleri arasında döngüsel voltametri yöntemi ile 8 döngüde polimerize edilerek camımsı karbon elektrotun yüzeyine tutturuldu. Ters çevrilerek kurutulmaya bırakılan modifiye elektrot (0/1.5/0 V) potansiyelleri arasında pH 7.0 fosfat tamponu içerisinde aktive edilerek ölçüm alındı.

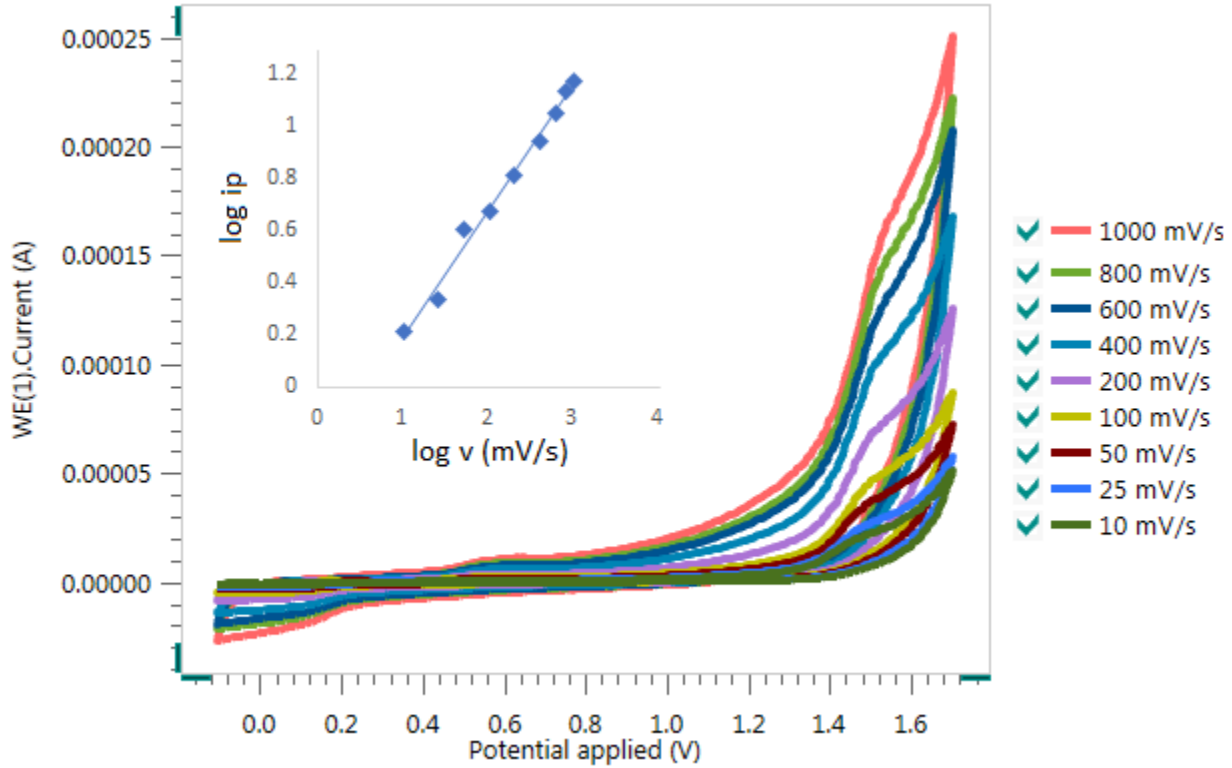
Bulgular

Polycytab camımsı karbon elektrot yüzeyinde oluşan elektrokimyasal olayı anlayabilmek için 0.1 M fosfat tamponu (pH=7.0) içerisinde 5x10⁻⁴ M Propoksur çözeltisinin anodik yönde 0.0 V ile +1.60 V gerilim tarama aralığında ve 100 mVs⁻¹ gerilim tarama hızı ile elde edilen dönüşümlü voltamogramları Şekil 4'de gösterilmiştir. Destek elektroliti ve 5x10⁻⁴ M Propoksur içeren çözeltilerin eğrileri kıyaslandığında propoksur'un yaklaşık olarak (I_a) +1.49 V'da 4.73 µA'lık anodik bir yükseltgenme piki verdiği, katodik yönde tarama yapıldığında ise (I_c) -1.03 V'da 1.02 µA'lık katodik bir indirgenme piki gözlenmektedir.

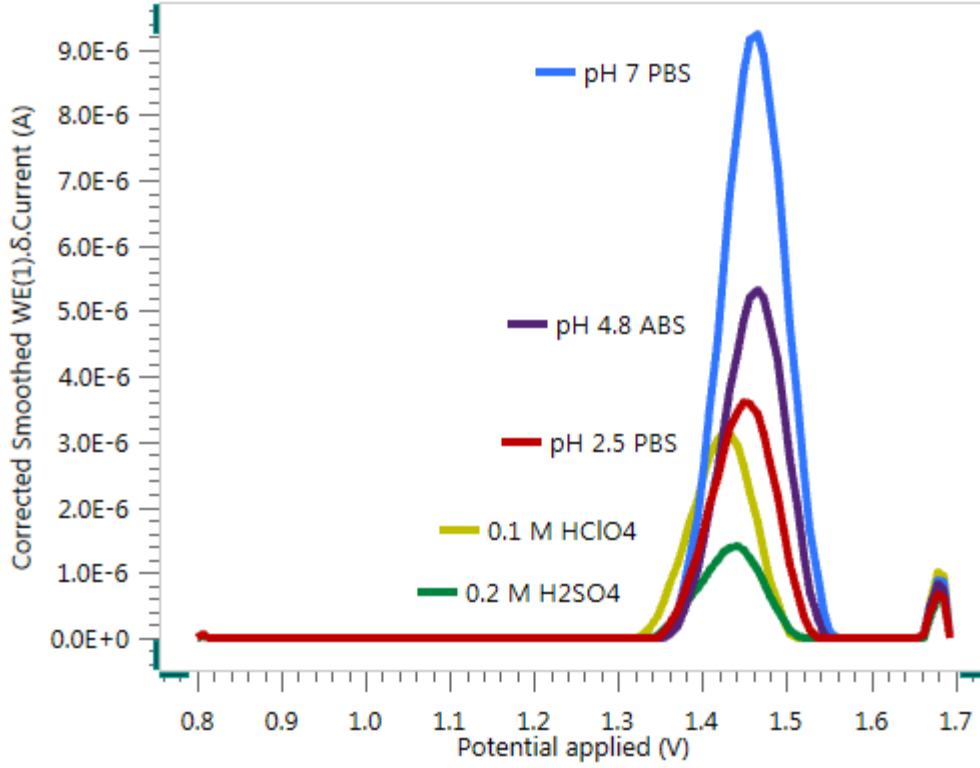


Şekil 4. 5x10⁻⁴ M Propoksur'un 0.1 M fosfat tamponu (pH=7.0) içerisinde polycytab camımsı karbon elektrot üzerinde dönüşümlü voltamogramı. Gerilim tarama hızı, 100 mVs⁻¹, kesikli çizgi destek elektrolitini göstermektedir.

Gerilim tarama hızının propoksür'un anodik yükseltgenme pik gerilimleri ve pik akım şiddeti üzerine etkisini incelemek için; 5×10^{-4} M Propoksür'un, 10-1000 mVs⁻¹ gerilim tarama hız aralığında, 0.1 M fosfat tamponu (pH=7.0) destek çözeltisi içinde dönüşümlü voltamogramları kaydedilmiştir (Şekil 3). Aynı zamanda, tarama hızının logaritması ile yükseltgenme pik akımının logaritması arasındaki bağıntıdan ($\log i_p (\mu A) = 0.482 \log v - 0.284$, $r = 0.997$) elde edilen eğimin 0.5'den küçük olması propoksür'un elektrokimyasal yükseltgenme tepkimesinin difüzyon kontrollü bir proses olduğunu göstermektedir. Buna ait ilgili grafik Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Propoksür'un daha duyarlı ve seçici voltametrik tayini için, daha keskin ve iyi belirlenmiş pikler kare dalga voltametri tekniği ile elde edilmiştir. Destek elektroliti ve pH'nin propoksür'un voltametrik davranışı üzerine etkisini araştırmak için en uygun destek elektrolit çözeltisi içerisinde hazırlanan 5×10^{-5} M propoksür çözeltilerinin +0.8 ile +1.6 V gerilim tarama aralığında voltamogramları kaydedilmiştir. Bu amaç için, farklı destek elektroliti çözeltileri kullanılmıştır. Şekil 6'de 5×10^{-5} M propoksür içeren farklı destek elektrolit çözeltilerinde kaydedilen kare-dalga voltamogramları üstünde pH'nin etkisini göstermektedir.



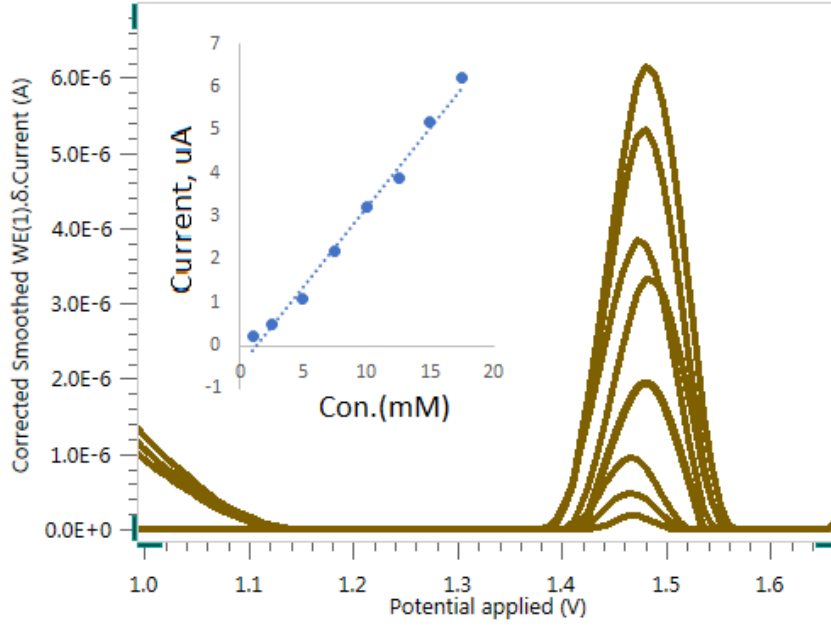
Şekil 6. Farklı destek elektrolit çözeltileri içinde 5×10^{-5} M propoksür'un kare-dalga voltamogramları. Kare dalga değişkenleri; puls amplitüd, 30 mV, frekans, 50 Hz, gerilim adımı, 8 mV.

Voltametrik tekniklerde meydana gelen sinyaller, kullanılan cihazın değişkenleri ile değişebileceğinden, bu değişkenleri de optimize etmek gerekmektedir. Bu amaç için, 5×10^{-5} M propoksür'un, pH 7.0 fosfat tamponu içerisinde, frekans $f = 15-175$ Hz, gerilim adımı $\Delta E = 2-14$ mV ve puls amplitüd $ESW = 10-50$ mV aralıklarında değiştirilerek kare-dalga voltametri tekniği değişkenlerini incelenmiştir. Frekans'ın artırılması ile 150 Hz'e kadar pik akımında artış sağlanmış ancak 150 Hz'den sonra pik akımı artmış fakat pik morfolojisi bozulmuştur. Bu nedenle en uygun frekans değeri olarak 150 Hz olarak belirlenmiştir. 2–14 mV gerilim aralığında pik şekli ve pik akım değeri bakımından en iyi sonuç, $\Delta E = 8$ mV değerinde, 10-50 mV puls amplitüd aralığında pik akımı 40 mV'da en iyi sonuç elde edilmiştir.

Analitik Yöntem Validasyonu

Çalışılan voltametrik yöntemle ait duyarlılık, seçicilik, tekraredilebilirlik ve doğrusallık aralığı detaylı bir şekilde araştırılmıştır. En iyi deneysel koşullarında propoksür derişiminin yükseltgenme pik akımı üzerine etkisini incelemek için, farklı derişimlerdeki propoksür çözeltilerinin voltamogramları alınmıştır. $1 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-5}$ M (şekil 7) çalışma aralıklarında standart propoksür çözeltilerinin, fosfat tamponu (pH 7.0) içeren çözeltilerinde polycTAB camı karbon elektrodu kullanılarak, +1.49 V gerilimde elde edilen yükseltgenme pik voltamogramlarının ve bunlara karşılık gelen kalibrasyon grafiği Şekil 5'de verilmiştir. Derişime karşılık yükseltgenme pik akım değerleri kalibrasyon grafiğine geçirildiği zaman elde edilen doğru denkleminin eşitlikleri aşağıdaki gibidir.

$$[ip (\mu A) = 0.3702 C(\mu M) + 0.4726], r=0.995 (1)$$



Şekil 7. Fosfat tamponu pH 7.0’de polycytab modifiye camımsı karbon elektrot ile propoksür değişen derişimlerine (1×10^{-6} - 5×10^{-4} M) karşılık elde edilen kare dalga voltamogramları ve ilgili kalibrasyon eğrileri.

Bu çalışmada seçilen voltametrik metodun analitiksel duyarlılığını belirtmek için gözlenebilme sınırı (GS, LOD) (3 s/m oranına göre), tayin alt sınırı (TAS, LOQ) (10 s/m eşitliğine göre) hesaplanmıştır. Eşitlikte yer alan “s”, destek elektroliti çözeltisinin zemin çizgisinde okunabilen en küçük on sinyal gürültüsünün standart sapmasını, “m” ise kalibrasyon eğrisinin eğimini göstermektedir. Kalibrasyon eğrisi denkleminde elde edilen sonuçlara göre LOD; 1.88×10^{-7} M) ve LOQ; 6.27×10^{-7} M) olarak bulunmuştur.

Yöntemin kesinlik değerleri propoksür pik akım değerlerinin hem gün içi hem de günler arası tekraredilebilirliği bağli standart sapmaları (BSS) ile değerlendirildi. KDASV yöntemi kullanılarak, aynı günde ve farklı günlerde beş farklı çözeltide sekiz kez tekrar alındı. Propoksür’a ait yükseltgenme pik akımlarının gün-içi ve günler arası % BSS değerleri sırasıyla % 4.2 ve % 5.2 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar bize, yükseltgenme pik akım ve pik gerilim değerlerindeki tekraredilebilirliğinin oldukça iyi olduğunu göstermektedir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, ilk defa polycytab camımsı karbon elektrot ile karbamat pestisiti olan propoksür’un elektrokimyasal özellikleri incelendi, duyarlılığı, miktar tayini için bir kare-dalga yöntemi geliştirildi. Geliştirilen bu voltametrik yöntemin duyarlılığı, doğruluğu, tekrar edilebilirliği, bulgularla gösterildi. Geliştirilen yöntem, propoksür tayinine yönelik kaynakçada yer alan diğer elektrokimyasal yöntemlerle kıyaslandığında daha duyarlı (LOD; 1.88×10^{-7} M) ve ucuzdur. Geliştirilen elektrokimyasal yöntem, hem hızlı hem de bir ön-deriştirme işlemine gerek kalmadan, ucuz, duyarlılık bakımından oldukça başarılı, küçük hacimli örnek ile çalışılması ve zaman alıcı olan ayırma işlemlerine gerek duymadan analiz yapılabilmesinin yanı sıra kaynakçada yer alan, spektrofotometrik ve kromatografik yöntemlere alternatif olabilir.

KAYNAKÇA

- Avan, M., & Kotan, R. (2021). Fungusların Mikrobiyal Gübre veya Biyopestisit Olarak Tarımda Kullanılması Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi 3 (1), 167–191. <https://doi.org/10.47898/ijeased.849817>
- Bertero, A., Chiari, M., Vitale, N., Faggionato, E., Biancardi, A., & Caloni, F. (2019). Types of pesticides involved in domestic and wild animal poisoning in Italy Science of the Total Environment, 136129. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136129>
- Boeris, V., Arancibia, J. A., & Olivieri, A. C. (2014). Determination of five pesticides in juice, fruit and vegetable samples by means of liquid chromatography combined with multivariate curve resolution. Analytica Chimica Acta, 814, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2014.01.034>
- Fernández, M., Picó, Y., & Mañes, J. (2000). Determination of carbamate residues in fruits and vegetables by matrix solid-phase dispersion and liquid chromatography-mass spectrometry. Journal of Chromatography A, 871(1–2), 43–56. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(99\)00907-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(99)00907-3)
- Jia, W., Chu, X., & Zhang, F. (2015). Multiresidue pesticide analysis in nutraceuticals from green tea extracts by comprehensive two-dimensional gas chromatography with time-of-flight mass spectrometry. Journal of Chromatography A, 1395, 160–166. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.03.071>
- Khodadoust, S., Talebianpoor, M. S., & Ghaedi, M. (2014). Application of an optimized dispersive nanomaterial ultrasound-assisted microextraction method for preconcentration of carbofuran and propoxur and their determination by high-performance liquid chromatography with UV detection. Journal of Separation Science, 37(21), 3117–3124. <https://doi.org/10.1002/jssc.201400816>
- MacGillivray A. (2011) Understanding Rachel Carson's Silent Spring (1.) 29 East 21st Street New York, NY 10010 The Rosen Publishing Group Inc.
- Ni, Y., & Cao, D. (2006). Simultaneous synchronous fluorescence determination of carbaryl, propoxur, and carbofuran with multivariate calibration methods. Spectroscopy Letters, 39(5), 431–445. <https://doi.org/10.1080/00387010600812640>
- Ni, Y., Huang, C., & Kokot, S. (2004). Application of multivariate calibration and artificial neural networks to simultaneous kinetic-spectrophotometric determination of carbamate pesticides. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 71(2), 177–193. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2004.02.003>
- Pogac, L., & Ćirik, M. F. (2001). Optimisation of FIA system for detection of organophosphorus and carbamate pesticides based on cholinesterase inhibition. Talanta, 54, 631–641.
- Selva, T. M. G., & Paixão, T. R. L. C. (2016). Electrochemical quantification of propoxur using a boron-doped diamond electrode. Diamond and Related Materials, 66, 113–118. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2016.03.027>
- Z.Muda et al. (2018). Synthesis and characterization of carbamate insecticideintercalated zinc layered hydroxide modified with sodium dodecyl sulphate. Mater. Sci. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/440/1/012003>

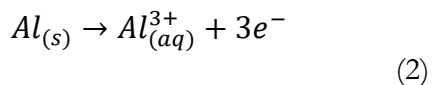
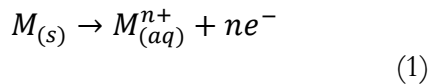
Treatment by Electrocoagulation Using Waste Metals of Petroleum Wastewater

Gülizar KURTOĞLU AKKAYA¹

1. Introduction

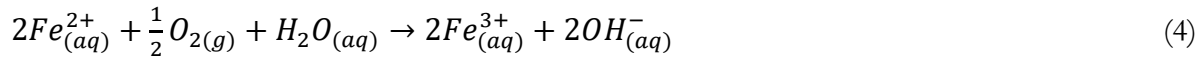
The petroleum industry releases large number of pollutants into the environment. Petroleum refineries consume large amounts of water in refining processes such as cooling, cleaning, steam generation, distillation, and hydrotreating. The quality and quantity of wastewater generated from refineries is greatly affected by the refinery configuration. Wastewater released by petroleum industries contains large amounts of hydrocarbons, heavy metals, phenols, and other toxic chemicals (Perera et al., 2012; Jasmine & Mukherji, 2015; Thakur et al., 2018; Varjani, 2017). Adsorption, coagulation, anaerobic treatment, reverse osmosis, ultrafiltration, chemical destabilization, flocculation, dissolved air flotation (DAF), membrane process to treat wastewater from petroleum industry. different technologies have been used (Bennett & Peters, 1988; Kriipsalu et al., 2008). Proper disposal of wastewater is important. Concentrations of these pollutants should be reduced to acceptable limits before discharging the water into the environment. Therefore, innovative research must develop new technologies that reduce complex molecules to simpler forms that are reliable for maintaining water quality.

The EC process is the most applied electrochemical technology for treating dissimilar wastes from the petroleum industry, both on a trial and pilot scale. Due to electro-dissolution of sacrificial anodes, usually Al or Fe, produces flocs (amorphous precipitates of metal species of hydroxides, oxides or oxyhydroxides) and simultaneously hydrogen and hydroxyl ions (OH^-) at the cathode (Shahedi et al., 2020). The charge of oils, colloids and suspended solids contribute to their effective separation by neutralization, retention and adsorption mechanisms and their subsequent precipitation or flotation, EC's colors and dyes, suspended solids, oils and greases, fluoride It has proven effective in removing heavy metals and phosphorus, treat olive mill wastewater, dairy water and laundry wastewater (Shahedi et al., 2020; Garcia-Segura et al., 2017). Otherwise, EC is considered an efficient and cost-effective technique for wastewater treatment. At the anode, the soluble metal (M), Al or Fe is dissolved as follows: (1) (2) (3)

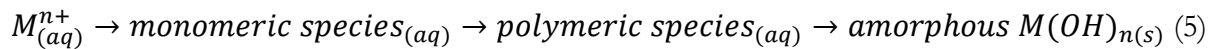


¹ Dr., Necmettin Erbakan University, Environment Engineering Department, Orcid: 0000-0003-4779-0428

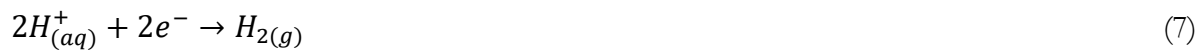
However, in oxygen-containing environments, ferrous species are unstable and form iron species with the effect of dissolved oxygen and reaction (4) occurs (Zongo et al., 2009)



This destabilization of metal ions (M^{n+} at an appropriate pH), coagulated species and metal hydroxides (Equation (5)) creates wide gaps and suspended particles can collect there. During the EC process, metal hydroxides with a large surface area are useful for rapid adsorption of soluble organic compounds and capture of colloidal particles. The heaps formed are then easily removed from the aqueous medium by precipitation or flotation (Wang et al., 2018) (5)



The reaction occurring at the cathode is pH dependent. At neutral or alkaline pH, hydrogen is produced via Equation (6), whereas under acidic conditions Equation (7) explains better hydrogen generation at the cathode:



In this study, the EC process for treating petroleum wastewater with waste perforated iron plates used in different fields of energy, industry and environmental sectors was investigated. The effect of some operational parameters (pH electrolysis time and current density) on the COD removal efficiency was investigated.

2. Material and Method

Petroleum wastewater wastewater was obtained from a national petroleum refinery in Kocaeli, Turkey. All experimental studies were conducted with 250 mL wastewater volume at ambient temperature (20–25 °C). Characterization of the petroleum wastewater used is given in Table 1. Since the electrical conductivity of petroleum wastewater is low, 1 g/L NaCl was added to the water to increase the ionic strength (Yavuz et al., 2010). The EC reactor made of plexiglass material has a diameter of 19 cm and a height of 15 cm. Two different types of electrodes were used in the study. Perforated iron sheet pieces, which are used for many purposes in the industry, were used as the anode and classical plate as the cathode (Figure 1). The pores of the perforated iron plate are circular, and each pore area is 1,13 cm². The plate was placed circularly in the reactor and the plate equal to the net plate area was used. The dimensions of the plate are 6.6 cm wide, 11 cm high and 0.2 cm wall thickness. It is submerged 4 cm in water. The reactor was supplied with a direct current power supply. A homogeneous mixture of the solution was provided by means of a magnetic stirrer at 150 rpm. The electrodes were washed before each experiment. After a 1 h settling period after each experimental set, the purified samples were collected and the COD analysis of the obtained supernatant was performed. The COD removal efficiency was calculated from the equation below.

$$R\% = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100$$

.. where C_0 and C_1 are initial and final coloration and COD, respectively (Akkaya & Bilgili, 2020).

The basic materials and devices used in laboratory work are power supply (Mervesan 305D II), pH meter (Hach Multi-HQ40d Instruments), UV-VIS spectrophotometer (Hach Lange DR 6000), and precision balance.

Table 1. Characterization of Petroleum Wastewater

Parameter	Value
pH	7,94
Conductivity ($\mu S/cm$)	173,6
Turbidity (NTU)	99,9
Oil&Grace (mg/L)	1727
COD (mg/L)	553
Total phenol (mg/L)	2,22

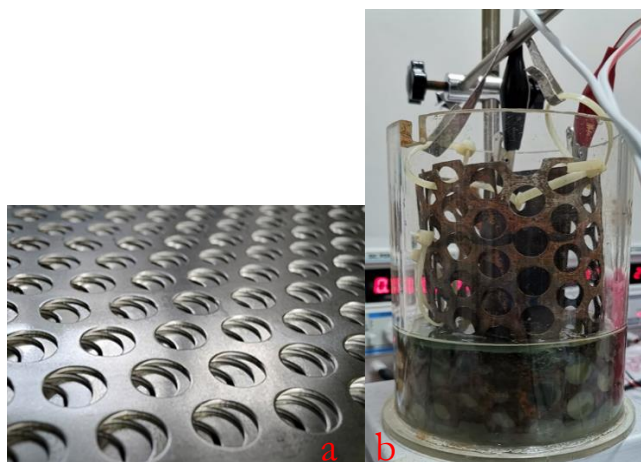


Figure 1. a Perforated iron plate b: EC set up

Results and Discussion

2.1. The effect of pH

The pH of the solution plays an important role in electrochemical and chemical coagulation processes (Lee et al., 2014). The pH conditions significantly alter the physicochemical properties of coagulants, for example: (i) the solubility of metal hydroxides, (ii) electrical conductivity of metal hydroxides and (iii) size of colloidal particles of coagulant complexes (Ganesan et al., 2013). It is related to changes in the chemical structure of pollutants under the influence of pH. The protonation/deprotonation of the functional groups of the pollutants, depending on their pKa, directly affects the net charges of the pollutants and their electrostatic interactions (Dermentzis et al., 2011). Due to the different physico-chemical character of pollutants as a function of pH, this parameter needs to be optimized according to the target pollutant nature and waste conditions. Therefore, in this study, COD removal in petroleum wastewater at different pH was evaluated.

The COD removal efficiency at different pH values is given in the FIGURE 2. The lowest removal efficiency was obtained at pH=4 (17%) and the highest removal efficiency ($\cong 87\%$) was obtained between pH=8–10. Generally, there is an increase in the removal efficiency from acidic pH to alkaline pH. This situation has also been expressed in different studies (Tir & Moulai-Mostefa, 2008; Naje et al., 2017). The reason for this is whether the organic compounds in the wastewater can be removed by the EC process. The pH=4 low removal efficiency is because the iron is not removed by EC due to the soluble and miscible compounds in the water that do not react with Fe(II) and/or Fe(III) produced from the iron sheet anode, and the iron remains in the solution. However, the removal of 17% could be removed by chance because of being able to absorb on a certain amount of wool.

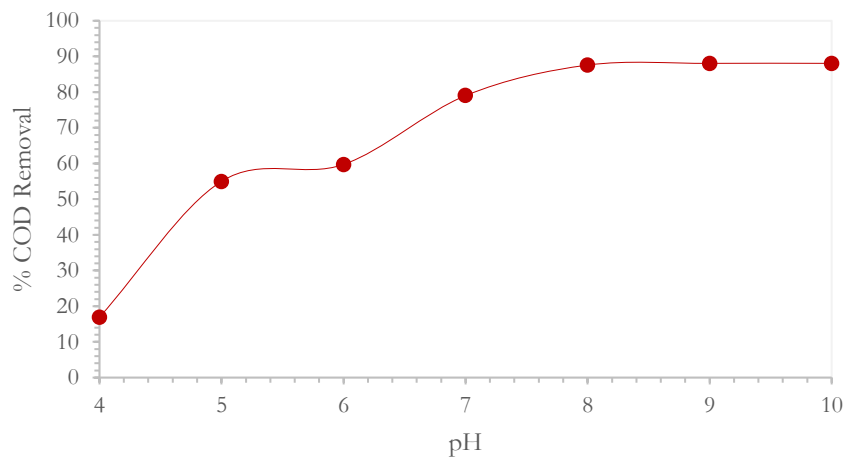


Figure 2. Change of pH on COD removal (Conditions: 10 mA/cm², 20 min)

EC process between pH=6–8, Fe(II) and Fe(III) Na⁺ is more acidic than (OH) to form Fe(OH)₂ and/or Fe(OH)₃ together with H⁺ ions. Hydrolyzed Fe ions are produced. In the wastewater, COD removal will be partially realized by reacting with Fe(II) to form soluble compounds and with Fe(III) to form insoluble compounds or vice versa. An increase from 60% to 80% has occurred.

After pH=8, both Fe(II) and Fe(III) and turbidity in wastewater, oils, oil and grease and suspension, small number of suspended solids and liquids react to form water-insoluble compounds, and thus the compounds are removed. An average of 87% COD removal was obtained between pH=8–10. The remaining unremoved fraction was the soluble portion of these parameters that did not react with Fe(II) or F(III) to form insoluble compounds. In a study, it was stated that COD removal is high at a pH above 7.5 for Fe electrodes (Moreno-Casillas et al., 2007).

2.2. Current Density

The amount of current density determines the coagulant production rate and adjusts the rate and size of bubble production, thereby affecting the growth of flocs (Modirshahla et al., 2007). For this reason, the effect of current density on the removal of pollutants was investigated. The COD removal efficiency was observed in the range of 2.5 mA/cm²-30 ma/cm² during the 20-minute electrolysis period at the determined optimum pH=8. Even at the lowest current

density the removal efficiency is relatively high (82%) (Figure 3). It is achieved by effectively dissolving the anode and cathode in the wastewater. In similar studies, this removal efficiency was achieved with at least 4 plate electrodes. It has also been stated in the studies that the removal efficiency increases with the increase in the number of electrodes, since more hydroxide is produced with the increase in the number of electrodes (Shahriari et al., 2019). For this reason, the number of naturally produced ions has increased with the design designed with waste metal. Mainly, increasing the applied current resulted in a higher dissolution rate of the anode, which increased the iron ions released in the oily wastewater (more coagulation agent was available), thus improving the pollutant reduction rate. It is observed that the removal efficiency increased as the current density increased, but after 10 mA/cm², the removal efficiency remained in a stable line. The COD removal efficiency was 93% between 10 and 30 mA/cm². At the end of the study, the optimum current density was determined as 10 mA/cm².

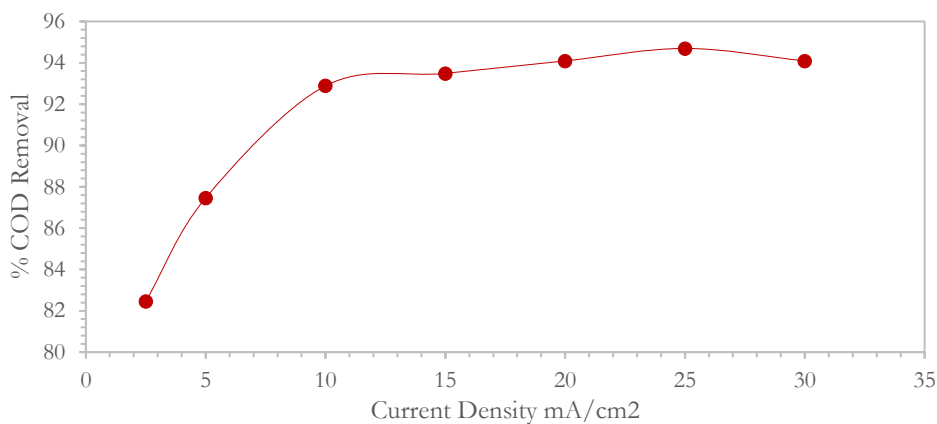


Figure 3. Change of Current Density on COD removal (Conditions: pH:8, 20 min)

In studies of petroleum wastewater with EC, it has been stated that Al electrodes provide better removal efficiency. However, Ammar et al. (2019) also found similar results to the removal efficiencies obtained in this study (Ammar et al., 2019).

2.3. Electrolysis Time

The effect of electrolysis time was conducted between 2 and 60 min of electrolysis at optimum pH and current density values. The COD removal efficiency is directly dependent on the concentration of ions produced by the electrodes. As the electrolysis time increases, there is an increase in the concentration of ions and hydroxide flocs. Figure 4 shows the relationship between COD removal efficiency and electrolysis time. A rapid increase in COD removal occurred after a 2-min electrolysis time. The COD removal efficiency remained stable up to 30 min, after which it tended to decrease slightly. It can be explained by the accumulation of produced iron hydroxides in the wastewater. Therefore, 5 min of electrolysis time will be sufficient for treating petroleum wastewater.

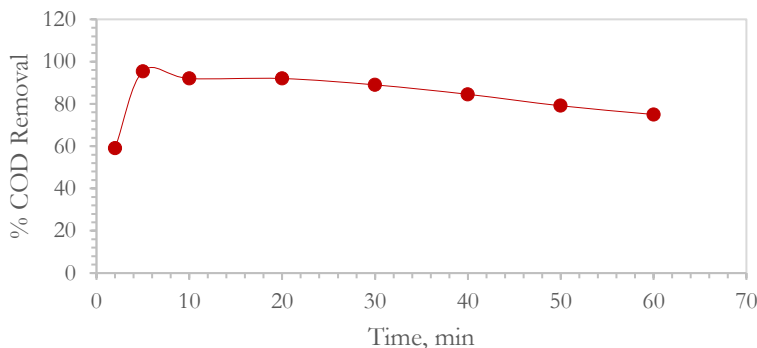


Figure 4. Change of Electrolysis time on COD removal (Conditions: 10 mA/cm², pH:8)

3. Literature studies

The EC process is the most applied electrochemical technology for treating dissimilar wastes from the petroleum industry, both on a trial and pilot scale (Treviño-Reséndez et al., 2021). This is because electro-dissolution of sacrificial anodes, usually Al or Fe, produces flocs (amorphous precipitates of metal species of hydroxides, oxides or oxyhydroxides) and simultaneous production of hydrogen and hydroxyl ions (OH⁻) at the cathode (Shahedi et al., 2020). They contribute to the efficient separation of oils, colloids and suspended solids by charge neutralization, retention and adsorption mechanisms and their subsequent precipitation or flotation.

Sitterley et al. evaluated the treatment of different samples of reflux and produced waters from a fracturing well in Oklahoma, USA, using laboratory-scale EC treatment with Fe and Al electrodes (Sitterley et al., 2020). In this study, high turbidity reduction (>90%) and low to moderate COD (37%) were achieved 10–20 min electrolysis time and medium current densities (6–25 mA cm⁻²) by treatment with EC. In a different study, it was stated that the use of aluminum as the anode and cathode of petroleum wastewater was most effective at a current density of 60 mA cm⁻² in a 30 min electrolysis time. Under these conditions, The COD and turbidity removal were 83.52% and 99.94% (Gousmi et al., 2016).

Apart from that, two different wastewater samples (COD: 3628 to 5064 mg/l) collected from a specific location in the wastewater treatment system of a local petroleum refinery. They treated by EC using an aluminum electrode. The effects of current density, initial pH and flow rate were investigated. It has been shown that under optimum conditions, EC can provide up to 57% reduction in COD (El-Naas et al., 2013). In a different study using aluminum electrodes, the optimum conditions were found to be 9.9 mA/cm², 5 mS/cm for current density, conductivity, pH and electrolysis time, respectively, and 78.77% of the COD at 9 and 18 min (Giwa et al., 2013).

In this research, the ability of COD to be removed from petroleum wastes was evaluated using an aluminum-based electrocoagulation reactor. A series of batch flow studies was conducted to evaluate the effect of current density, separation of electrodes and treatment time on COD removal from refinery wastewater. The highest efficiency in COD removal was determined as 80.0%. After 100 min of electrolysis, a current density of 8 mA/cm², electrode separation of 2 and 20 mm provided the highest removal percentage (Khalil et al., 2021).

Conclusion

In this study, COD removal from petroleum wastewater was investigated using a waste material as a perforated electrode. The effect of different operating parameters such as pH, current density and reaction time on COD removal was determined. It was determined that optimum operating parameters affected COD removal and at the end of the study, they were pH=8, current density of 10 mA/cm² and electrolysis time 5 min, respectively. In the studies, it was determined that the number of Al electrodes and the number of Al electrodes affects the COD removal for treating petroleum wastewater with EC, but the waste electrode used in this study was more effective. Its perforated and circular design has increased the electrode surface area. By placing the cathode in the middle of the circular anode, the reaction is ensured on the entire surface of the anode and cathode. The large number of iron compounds formed in the environment contributed greatly to the removal of COD. Additionally, the anode used in this study is a waste perforated metal.

REFERENCES

- Akkaya, G. K., & Bilgili, M. S. (2020). Evaluating the performance of an electro-membrane bioreactor in treatment of young leachate. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(4), 104017.
- Ammar, S. H., Ismail, N. N., Ali, A. D., & Abbas, W. M. (2019). Electrocoagulation technique for refinery wastewater treatment in an internal loop split-plate airlift reactor. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(6), 103489.
- Bennett, G. F., & Peters, R. W. (1988). The removal of oil from wastewater by air flotation: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 18(3), 189–253.
- Dermentzis, K., Christoforidis, A., & Valsamidou, E. (2011). Removal of nickel, copper, zinc and chromium from synthetic and industrial wastewater by electrocoagulation. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(5), 697–710.
- El-Naas, M. H., Al-Zuhair, S., & Al-Lobaney, A. (2013). Treatment of petroleum refinery wastewater by continuous electrocoagulation. *Int. J. Eng. Res. Technol*, 2(10), 2144.
- Ganesan, P., Lakshmi, J., Sozhan, G., & Vasudevan, S. (2013). Removal of manganese from water by electrocoagulation: adsorption, kinetics and thermodynamic studies. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 91(3), 448–458.
- Garcia-Segura, S., Eiband, M. M. S. G., de Melo, J. V., & Martínez-Huitle, C. A. (2017). Electrocoagulation and advanced electrocoagulation processes: A general review about the fundamentals, emerging applications and its association with other technologies. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 801, 267–299.
- Giwa, S., Giwa, A., Zeybek, K., & Hapoglu, H. (2013). electrocoagulation treatment of petroleum refinery wastewater: optimization through RSM. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2(8), 606–614.
- Gousmi, N., Sahmi, A., Li, H.-Z., Poncin, S., Djebbar, R., & Bensadok, K. (2016). Purification and detoxification of petroleum refinery wastewater by electrocoagulation process. *Environmental Technology*, 37(18), 2348–2357.
- Jasmine, J., & Mukherji, S. (2015). Characterization of oily sludge from a refinery and biodegradability assessment using various hydrocarbon degrading strains and reconstituted consortia. *Journal of Environmental Management*, 149, 118–125.
- Khalil, A. H., Naji, M. A., & Naser, S. M. (2021). Removal of COD from petroleum refinery wastewater using electrocoagulation method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 877(1), 12046.
- Kriipsalu, M., Marques, M., & Maastik, A. (2008). Characterization of oily sludge from a wastewater treatment plant flocculation-flotation unit in a petroleum refinery and its treatment implications. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 10(1), 79–86.
- Lee, C. S., Robinson, J., & Chong, M. F. (2014). A review on application of flocculants in wastewater treatment. *Process Safety and Environmental Protection*, 92(6), 489–508.
- Modirshahla, N., Behnajady, M. A., & Kooshaiian, S. (2007). Investigation of the effect of different electrode connections on the removal efficiency of Tartrazine from aqueous solutions by electrocoagulation. *Dyes and Pigments*, 74(2), 249–257.
- Moreno-Casillas, H. A., Cocke, D. L., Gomes, J. A. G., Morkovsky, P., Parga, J. R., & Peterson, E.

- (2007). Electrocoagulation mechanism for COD removal. *Separation and Purification Technology*, 56(2), 204–211.
- Naje, A. S., Chelliapan, S., Zakaria, Z., Ajeel, M. A., & Alaba, P. A. (2017). A review of electrocoagulation technology for the treatment of textile wastewater. *Reviews in Chemical Engineering*, 33(3), 263–292.
- Perera, F. P., Tang, D., Wang, S., Vishnevetsky, J., Zhang, B., Diaz, D., Camann, D., & Rauh, V. (2012). Prenatal polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) exposure and child behavior at age 6–7 years. *Environmental Health Perspectives*, 120(6), 921–926.
- Shahedi, A., Darban, A. K., Taghipour, F., & Jamshidi-Zanjani, A. (2020). A review on industrial wastewater treatment via electrocoagulation processes. In *Current Opinion in Electrochemistry* (Vol. 22, pp. 154–169). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.coelec.2020.05.009>
- Shahriari, T., Karbassi, A. R., & Reyhani, M. (2019). Treatment of oil refinery wastewater by electrocoagulation–flocculation (Case Study: Shazand Oil Refinery of Arak). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(8), 4159–4166.
- Sitterley, K. A., Rosenblum, J., Ruyle, B., Keliher, R., & Linden, K. G. (2020). Factors impacting electrocoagulation treatment of hydraulic fracturing fluids and removal of common fluid additives and scaling ions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(3), 103728.
- Thakur, C., Srivastava, V. C., Mall, I. D., & Hiwarkar, A. D. (2018). Mechanistic Study and Multi-Response Optimization of the Electrochemical Treatment of Petroleum Refinery Wastewater. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 46(3), 1700624.
- Tir, M., & Moulai-Mostefa, N. (2008). Optimization of oil removal from oily wastewater by electrocoagulation using response surface method. *Journal of Hazardous Materials*, 158(1), 107–115.
- Treviño-Reséndez, J., Medel, A., & Meas, Y. (2021). Electrochemical technologies for treating petroleum industry wastewater. *Current Opinion in Electrochemistry*, 100690.
- Varjani, S. J. (2017). Microbial degradation of petroleum hydrocarbons. *Bioresource Technology*, 223, 277–286.
- Wang, H. F., Hu, H., Wang, H. J., & Zeng, R. J. (2018). Impact of dosing order of the coagulant and flocculant on sludge dewatering performance during the conditioning process. *Science of the Total Environment*, 643, 1065–1073. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.161>
- Yavuz, Y., Koparal, A. S., & Ögütveren, Ü. B. (2010). Treatment of petroleum refinery wastewater by electrochemical methods. *Desalination*, 258(1–3), 201–205.
- Zongo, I., Maiga, A. H., Wéthé, J., Valentin, G., Leclerc, J. P., Paternotte, G., & Lapique, F. (2009). Electrocoagulation for the treatment of textile wastewaters with Al or Fe electrodes: Compared variations of COD levels, turbidity and absorbance. *Journal of Hazardous Materials*, 169(1–3), 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.03.072>

Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt ve Motor Parametrelerinin Yanma Özelliklerini Etkisinin İncelenmesi

Hasret DOĐAN¹

Mehmet ÇELİK²

I. GİRİŞ

Dizel motorlar geçmişten günümüze kadar ağır iş sanayinde ve taşımacılıkta çok büyük rol üstlenmiştir. Toplu taşımacılıkta ve ağır yük taşıtlarında genellikle dizel motorları kullanılmaktadır. Bu sebeple dizel motorlarından kaynaklanan emisyonların azaltılması önem kazanmaktadır. Şehirlerdeki kirlenmenin büyük bir bölümünü otomobillerden kaynaklanmaktadır. Bu kirleticilerin özellikleri ve yoğunlukları motor tipine, motor ayarına, kullanım tarzına, yakıt bileşimine ve atmosferik şartlara bağlıdır.

Motorlu taşıtlar çevreyi; egzoz emisyonu, yakıtyağ buharı, kurşun bileşikleri, asbest ve lastik tozları, aşınma, paslanma ve korozyon sonucu oluşan gaz, sıvı ve katı atıklarla kirlenmektedir. Bu kirleticilerin en etkin zararlı ve yoğun olanları egzoz gazında bulunan CO, HC, NO_x ve PM (is, duman vb.) emisyonlarıdır. Bunlardan NO_x ile PM emisyonları daha çok dizel motorlarından kaynaklanmaktadır. [1]

Birçok ülke dizel motor için tarih vermiş olsa bile elektrikli araçlarda batarya probleminin çözülememiş olması ağır iş sanayisi sektöründe belirsizliklere yol açmaktadır. Ülkemizdeki araçlar göz önüne alındığında dizel araçların pazar payının 2010'dan bu yana %18,3 seviyelerinden, %38,1 seviyelerine kadar yükselmiştir. Düşük özgül yakıt tüketimleri ve yüksek tork çıkışları en büyük etkenlerden biridir.

Benzinli motora kıyasla yüksek sıkıştırma oranlarında çalışmaları, düşük devirlerde daha yüksek tork çıkışı sağlaması, düşük özgül yakıt tüketimi ve yüksek verimlerde çalışmaları gibi avantajları varken, yüksek sıkıştırma oranı nedeniyle silindir içinde oluşan yüksek basınçlardan dolayı kullanılan malzemenin kalitesi veya ağırlığında artma olur.

Birçok ülkenin dizel motorlu araçlardan vazgeçme kararı almasındaki en büyük etken emisyonlardan kaynaklanmaktadır. Tablo 1'de 1992 yılında kabul edilen Euro 1 emisyon standartları ile günümüzde uygulanan Euro 6 emisyon standartları arasında çok büyük farklar vardır. Bu belirlenen değerler motor üreticilerini zorlamaktadır. Yapılan tüm çalışmalar emisyonları düşürmüş olsa dahi sifira indirememiş olması içten yanmalı motorlardan vazgeçmeye zorlamaktadır.

¹Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Karabük

² Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Karabük

Tablo 1. Euro Emisyon Standartları [2]

Sınıf	Tarih	CO	THC	NMHC	NO _x	HC+NO _x	PM	PN[#/km]
DİZEL								
Euro 1	Temmuz 1992	2,72 (3,16)	-	-	-	0,97 (1,13)	0,14 (0,18)	-
Euro 2	Ocak 1996	1	-	-	-	0,7	0,08	-
Euro 3	Ocak 2000	0,66	-	-	0,50	0,56	0,05	-
Euro 4	Ocak 2005	0,50	-	-	0,25	0,30	0,025	-
Euro 5a	Eylül 2009	0,50	-	-	0,180	0,230	0,005	-
Euro 5b	Eylül 2011	0,50	-	-	0,180	0,230	0,005	6*10 ¹¹
Euro 6	Eylül 2014	0,50	-	-	0,080	0,170	0,005	6*10 ¹¹
BENZİN								
Euro 1	Temmuz 1992	2,72 (3,16)	-	-	-	0,97 (1,13)	-	-
Euro 2	Ocak 1996	2,2	-	-	-	0,5	-	-
Euro 3	Ocak 2000	2,3	0,20	-	0,15	-	-	-
Euro 4	Ocak 2005	1,0	0,10	-	0,08	-	-	-
Euro 5	Eylül 2009	1,0	0,10	0,068	0,060	-	0,005	-
Euro 6	Eylül 2014	1,0	0,10	0,068	0,060	-	0,005	6*10 ¹¹

II. MATERYAL VE YÖNTEM

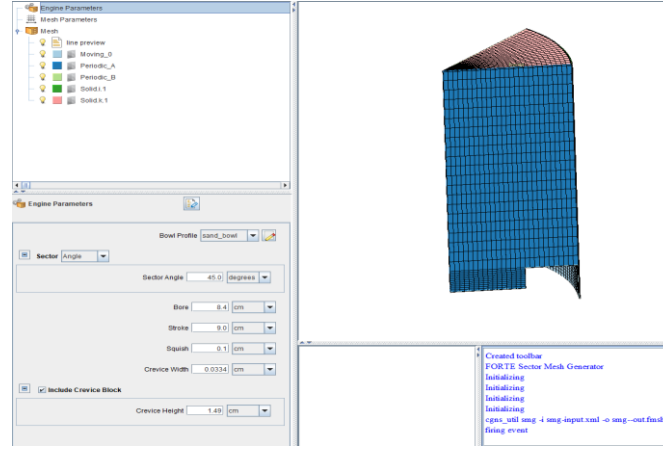
Çalışmamızda M57D30 kodlu BMW markasının 5.30d motorunun silindir ve piston ölçüleri baz alınmıştır. Tablo 2’de motor ölçüleri görülmektedir.

Tablo 2. Motor Parametreleri

Stroke	90 mm
Silindir çapı	84 mm
Sıkıştırma oranı	21:1
Hacim	498.7 cc
Yanma odası hacmi	24.3 cc
Silindir sayısı	1

Motor analizleri için geliştirilmiş birçok program bulunmaktadır. Diesel RK, GT-Suite, ANSYS Forte gibi programlar örnek olarak verilebilir. Çalışmamızı yaparken ANSYS 2020 R1 sürümünü kullandık. ANSYS içerisinde birçok analiz imkânı sunmaktadır. Çalışmamızda ANSYS Forte, Thermal Analysis ve Static Structural Analysis kullanılmıştır.

Çalışmamıza başlarken ANSYS Forte içerisinde generate mesh (mesh oluştur) sekmesi yardımı ile 45 derece sektör açısında piston silindir düzeneğini simüle ederek başlandı. Şekil 1’de analizlerin yapıldığı silindir duvarı ve piston görülmektedir.



Şekil 1. Generate Mesh ile Sektör Oluşturma

45 derece sektör açısı; piston silindir düzeneğinin 1:8'i kadardır. Tamamını almak yerine sadece bir 45 derecelik bir parçasını almamız analizlerin sonucunda bir değişikliğe yol açmamakla beraber yapılan analizleri hızlandırmakta ve daha kısa sürede aynı sonuçlara varmamızı sağlamaktadır. Tablo 3'te mesh ölçüleri verilmektedir.

Tablo 3. Mesh Ölçüleri

Piston Tepesi Profili	Sand Bowl
Sektör Açısı	45
Çap	84mm
Stroke	90mm

Oluşturulan Mesh daha sonra ANSYS Forte programının içerisine gönderilir. Bu işlemden sonra ayarlanması gereken sekmeler Şekil 2'de görüldüğü sırasıyla;

- Sprey modelleme ve enjeksiyon
- Sınır şartları
- Başlangıç koşulları
- Simülasyon kontrolü
- Çıktıların kontrolü



Şekil 2. ANSYS Forte Ana Ağaç

A. Sprey Modelleme ve Enjeksiyon

Motorlarda verim ve gücü yükseltmek için denenmiş birçok enjeksiyon tipi bulunmaktadır. Mekanik dizel pompa enjeksiyonla başlayan common-rail (ortak hat) ile devam eden enjeksiyon sistemlerinin ortak amacı basınçlı bir şekilde dizel yakıtını sıkıştırılmış dolgunun üzerine püskürtülmesidir. Sprey modellemesinde common-rail sistem kullanılmıştır.

Nozul boyutu, enjektör tipi, enjeksiyon zamanlaması doğrudan motorun çıkış parametrelerini etkilemektedir. Nozul boyutunun fazla büyük olması pulverizasyonu çok fazla azalttığından ve enjektör içi basıncını düşürdüğü için yanma meydana gelmez. Çok küçük değerlerde ise basıncı aşırı yükselecek fakat gönderilen yakıt miktarı çok fazla düşeceğinden motor çıkış parametrelerini düşürecektir. Uygun nozul boyutunun bulunması için analizler yapılmış olup uygun nozul seçilmiştir.

Enjeksiyon zamanlaması hesaplanırken püskürtme avansı ÜÖN'dan 15°, 18°, 21° derece önce analizler yapılmış olup, enjeksiyonun kaç krank açısı sürmesi gerektiği hesaplanmıştır.

Tablo 4'te sprej modellemesi ve enjeksiyon için yapılan ayarlamalar görünmemiştir. Yapılan enjeksiyon devamlı değil kesik kesik olarak seçilmiştir. Devamlı enjeksiyonda enjeksiyon zamanının

başından sonuna kadar sürekli bir püskürtme varken, kesik kesik püskürtme de aralıklı olarak püskürtme yapılıır. Kesik kesik yapılan püskürtmenin devamlı püskürtmeye göre daha iyi yanma verimi verdiği görülmüştür.

Tablo 4'te verilen değerler deneme analizler sonucu bulunmuş ve motora göre uyarlanmıştır.

Tablo 4. Sprey Modelleme ve Enjeksiyon

Sprey modeli	Katı enjektör
Yakıt karışımı	nC_7H_{16} – n-Decane ($nC_{10}H_{22}$)
Enjeksiyon başlangıcı	15°, 18°, 21° krank açısı ÜÖN'dan önce
Enjeksiyon zamanı	19 krank açısı
Püskürtülen yakıt miktarı	0.045g

B. Sınır Şartlarının Belirlenmesi

Sınır şartları, analizin hangi sınırlar içinde başlayacağını belirlemek açısından önem arz etmektedir. Pistonun, silindir duvarlarının ve silindir kapağının analiz başındaki sıcaklığı analiz sonuçlarına doğrudan etki etmektedir. Çok yüksek değerlerde yanma sonu sıcaklığının aşırı artmasına bu da NO_x emisyonlarının yükselmesine neden olmaktadır.

Kullanılan değerler ANSYS Forte eğitim kılavuzunda belirtilen değerler olup kullandığımız motora göre uyarlanma yapılmıştır [3].

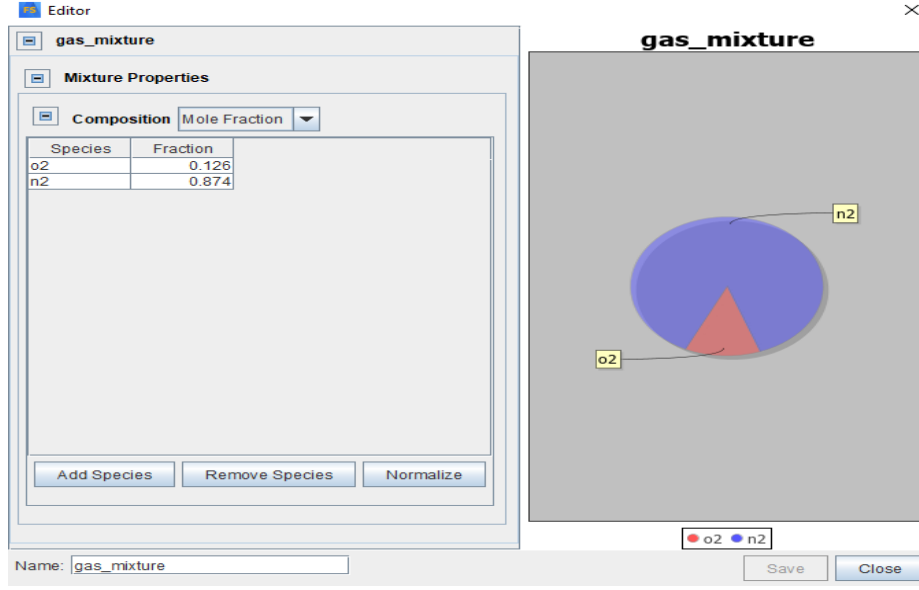
Tablo-5 Sınır Şartları

Piston sıcaklığı	550 K
Sıcaklık transfer çarpanı	1 (silindir kapağı ve silindir duvarı içinde sabittir.)
Sektör açısı	45
Silindir kapağı sıcaklığı	530 K
Silindir duvarı sıcaklığı	470 K

C. Başlangıç Koşulları

Başlangıç koşullarında simülasyonun başlayacağı alt noktalar seçilir. Burada önemli nokta gaz karışımı ve simülasyon başlangıcında içerideki gazın sıcaklığı ve basıncıdır.

Şekil 3'te emilen havanın kütesini mol fraksiyonuna görülmektedir. İdealleştirilen hava için 0.126 mol O_2 , 0.874 mol N_2 kullanılmıştır.



Şekil 3. Gaz Karışımı

Tablo 6’da karşımıza çıkan swirl ratio yani girdap oranı olarak çevrilen terim, silindir içerisinde emilen havanın silindir içerisinde sıkıştırılırken oluşturduğu girdaptır. Bunun yüksek olması istenir. Emme manifoldu tasarımı, havanın silindir duvarlarına sürtünmesi havanın açılal hızını azaltmakta ve sıkıştırma işlemi boyunca düşmektedir. Ancak yanma odasında değişiklikler yaparak girdap hızı arttırılabilir.

Tablo 6. Başlangıç Koşulları

Hava giriş sıcaklığı	368 K
Hava giriş basıncı	3.0 bar
Swirl oranı	0.8

D. Simülasyon Kontrolü

Tablo 7’de verilen değişkenler analizin vereceği sonuçlara doğrudan etkisi vardır. Örneğin başlangıç krank açısının -165 dereceden -180 dereceyi çıkarılması aynı simülasyon şartlarında farklı sonuçlar vermektedir. Yapılan analizde valf hareketi ve supap zamanlaması olmadığından başlangıç ve bitiş değerleri önemlidir. Simülasyon kontrolünü menüsünde tablo 7’de verilen değişkenlerin değiştirilmesi sağlıklı bir sonuç almak için yeterlidir. Analizin hangi devirde gerçekleşeceği, başlangıç ve bitiş krank açılarının belirlenmesinde ve motor içerisinde oluşacak kimyasal olayların ne zaman veya hangi olaydan sonra başlayacağına karar verildiği yerdir. Kimyasal reaksiyonlar püskürtme veya ateşlemeyle başlayacağı gibi belirli sıcaklık değerlerinde başlayacak şekilde ayarlanabilir. Fakat yanma başlamadan kimyasal reaksiyonların başlaması sonuçları etkilemektedir.

Tablo 7. Başlangıç Sınır Şartları

Başlangıç krank açısı	-165 (emme supabı kapanma zamanı)
Bitiş krank açısı	125 (egzoz supabı açılma zamanı)
Motor devri	2750 rpm
Kimyasal reaksiyonların başlaması	Enjeksiyondan sonra

E. Çıktıların Kontrolü

Çıktı kontrolünde analiz sonucunda vermesini istediğimiz değerlerin seçimi ve bu değerleri hangi krank açısı sırasıyla yapılacağına dair seçim yapılır.

Yapılan ayarlamalar sağlıklı sonuç verecek bir analiz için yeterli olmakla beraber çıkan sonuçlara göre girilen değerlerde oynama yapılmıştır.

F. Motor Devrinin Belirlenmesi

Motor devri analizden istediğimiz değerleri alabilmek için önem arz etmektedir. Rölanti devrinde yapılan bir analiz ile tam yük devrinde yapılan bir analizin çıktıları birbirinden farklı olacaktır. Devir seçiminin ardından sıcaklık ve basınç farkının gözlenmesi için seçilen devirde püskürtme avansını ve kullanılan yakıtı değiştirerek ayarlamalar yapılacaktır. Tablo 8 ve Tablo 9'da motor devir analiz sonuçları görülmektedir.

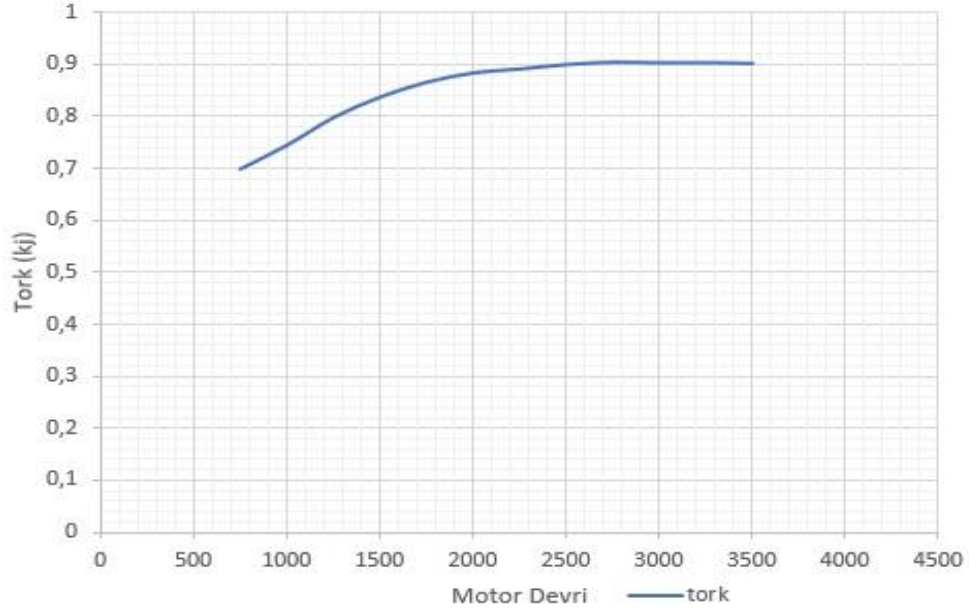
Tablo 8 Motor Devir Analizleri

Devir	Tork	Güç	ÖYT	Yanma Verimi	Termik Verim	Sıcaklık	Basınç
750	0.69738	4.3586	361.3568	0.61875	0.22358	1714.852	320
1000	0.74368	6.19735	338.8548	0.62732	0.23842	1719.215	319
1250	0.79749	8.30716	315.9926	0.64111	0.25567	1707.799	314
1500	0.83727	10.4659	300.9776	0.65483	0.26843	1693.871	309
1750	0.86621	12.63219	290.9235	0.66296	0.2777	1682.041	305
2000	0.88425	14.73752	284.9869	0.66776	0.28349	1662.664	300
2250	0.89199	16.72482	282.5142	0.66829	0.28597	1646.554	295
2500	0.90047	18.75982	279.8534	0.66971	0.28869	1629.844	290
2750	0.90514	20.7485	278.4092	0.67035	0.29018	1616.375	287
3000	0.90405	22.60137	278.7442	0.66607	0.28984	1601.051	282
3250	0.9042	24.48877	278.6991	0.66314	0.28988	1591.284	280
3500	0.90283	26.33268	279.1209	0.66004	0.28944	1583.243	278

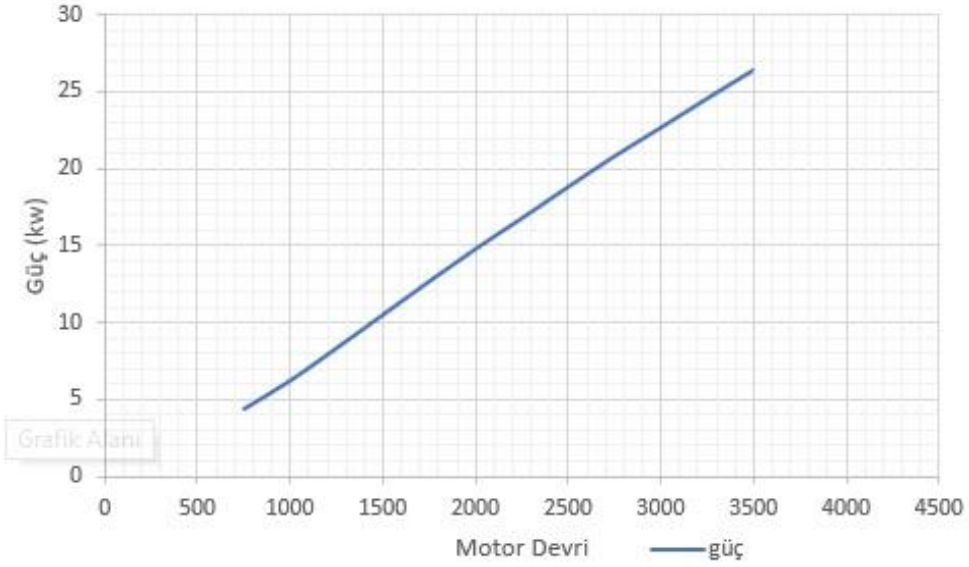
Tablo 8'de karşımıza çıkan sıcaklık değeri analizin ortalama sıcaklığıdır. Ortalama sıcaklık analiz boyunca yani üst ölü noktadan 165° önce ve üst ölü noktadan 125° derece sonrası arasında kalan 290 derecelik krank hareketi boyunca silindir içerisinde oluşan sıcaklığın ortalama değeridir.

Şekil 4-6 da motorun tork, güç ve özgül yakıt tüketimi (ÖYT) grafikleri görülmektedir.

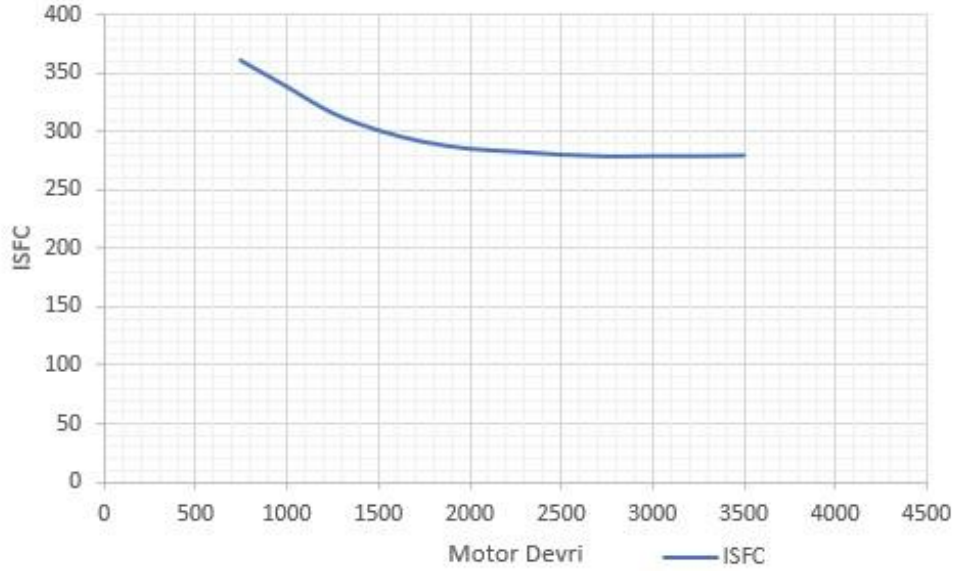
Analizlerde elde edilen güç ve tork değerleri, Gross Indicated tork ve Gross Indicated power olarak verilmiştir. Gross Indicated, Türkçe açıklaması gazın pistonda sıkıştırma ve güç safhalarında yaptığı işittir. Sürtünmeler ve diğer çoğu kayıplar elimine edilmiş halidir.



Şekil 4. Tork grafiği (Gross Indicated)



Şekil 5. Güç grafiği (Gross Indicated)



Şekil 6. ÖYT grafiği (Gross Indicated)

Şekil 4-6' da elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak analize başlamak için ideal devir olarak 2750 dev/dak olarak seçilmiştir.

G. Analizler

Püskürtme avansının ve alternatif yakıtlarının kullanımı sonucunda değişimi gözlemek için 9 farklı analiz yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda koşullara bağlı olarak yanma sonu sıcaklık, basınçları ve çıkan gazların emisyonunda değişimler gözlenmiştir.

Yapılan analizler aşağıda belirtilen değişkenler ile yapılmıştır.

1. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 15 derece önce %100 dizel
2. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 15 derece önce %90 dizel %10 etanol
3. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 15 derece önce %80 dizel %20 etanol
4. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 18 derece önce %100 dizel
5. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 18 derece önce %90 dizel %10 etanol
6. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 18 derece önce %80 dizel %20 etanol
7. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 21 derece önce %100 dizel
8. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 21 derece önce %90 dizel %10 etanol
9. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 21 derece önce %80 dizel %20 etanol

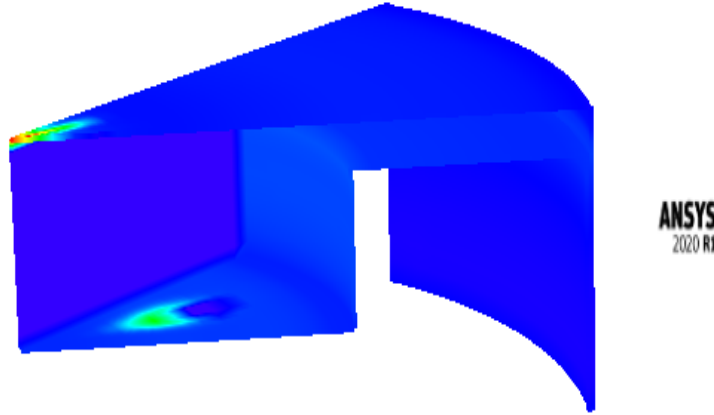
Yapılan analizlerde püskürtme avansı, verilen yakıtta değişiklik yapılırken diğer parametreler sabit tutulmuştur. Artan devir ile artan yakıt ihtiyacından dolayı enjektör içi basıncının sabit olması için nozzle boyutlarında düzeltmeler yapılmıştır. Enjektör içi basıncı 1550 bar olarak ayarlanmıştır.

Sıcaklık ve basınç tablolarında açık bir şekilde görüleceği gibi değişen parametrelere rağmen yanma sonu sıcaklık ve basınçlarını karşılaştırdığımızda aralarında çok fazla bir fark olmadığından analizler daha geniş bir aralıkta yapılmıştır.

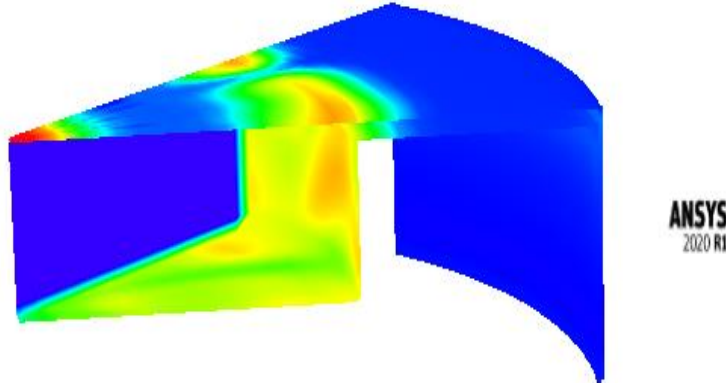
H. Yakıt Püskürtme ve Isı Yayılımının Modellenmesi

ANSYS Visualize görselleştirme programı yardımı ile partikül takibi ve silindir içerisinde oluşan sıcaklığın yayılımı inceleyebilmekteyiz. Bu görselleştirmeler sayesinde ısının hangi noktada başladığını ve nasıl dağıldığını gözlemlenebilmektedir.

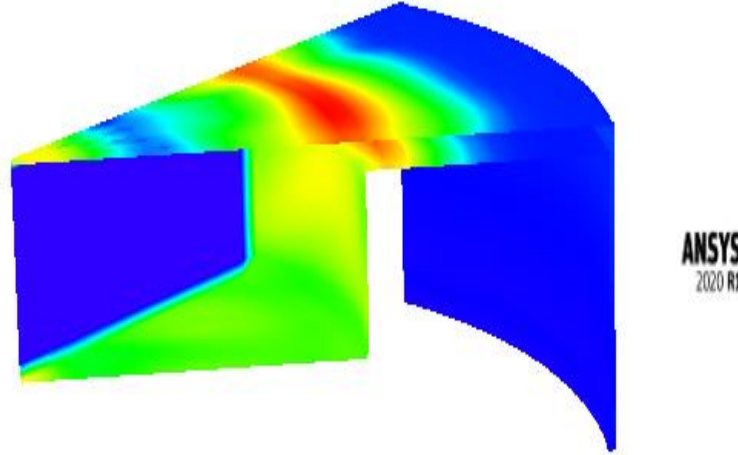
Isı yayılımı Şekil 7’de gösterildiği gibi sırasıyla ilerlemiştir. Şekil 7(a)’ya baktığımız zaman enjektör memesine yakın yerde pülverize olmuş yakıt tanelerinin yanmasıyla başlar. Şekil 7(b)’de üst noktaya ulaştığı ve basıncın maksimum olduğu noktada silindir yarığının içinde yanma yayılmaya başlar ve bu yayılmayı şekil 7(c) ve şekil 7(d) takip eder. Enjeksiyon profili kesikli püskürtme olduğu için ilerleyen krank açılarında içerideki yakıt miktarı daha fazla artmıştır. Tutuşan yakıt piston yarığı içerisinde büyüyerek önce piston yüzeyinde, sonrasında silindir kapağında en son olarak da silindir duvarında yayılmaya devam etmektedir. En son silindir duvarında yayılmasının nedeni dizel motorlarda pistonların üzerinde yanma odaları bulunmasından kaynaklıdır. Silindir duvarlarında en çok sıcaklığa maruz kalan bölge en üst bölgedir. Buradan anlaşılan pistonun sürekli yağlanarak soğutulması gerektiği ve gerekiyorsa eğer bir yağ soğutucu ile motor içerisindeki yağın soğutulması gerekir. Kapaktaki ve silindir duvarında yer alan soğutma kanallarının ısıyı çekecek bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bunlar olmadığı takdirde motorun ağır çalışma şartları altında ömrü ciddi anlamda kısalmaktadır.



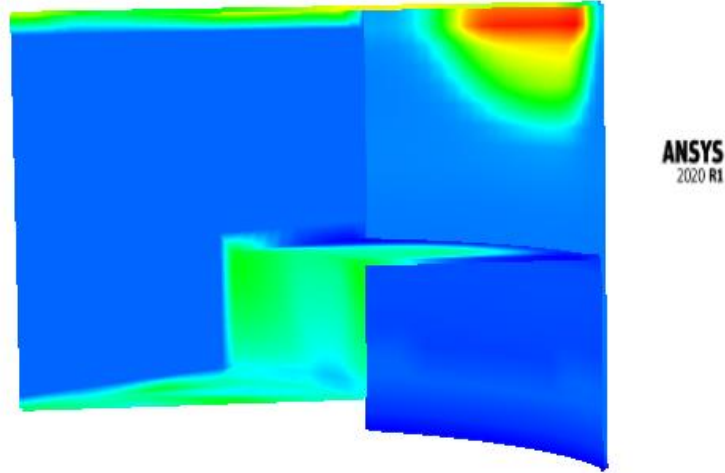
Şekil 7(a) Isı Yayılımının Başlaması ve Dağılımı (üst ölü noktadan 3 krank açısı önce)



Şekil 7(b) Isı Yayılımının Başlaması ve Dağılımı (üst ölü noktada)



Şekil 7(c) Isı Yayılımının Başlaması ve Dağılımı (üst ölü noktadan 3 krank açısı sonra)

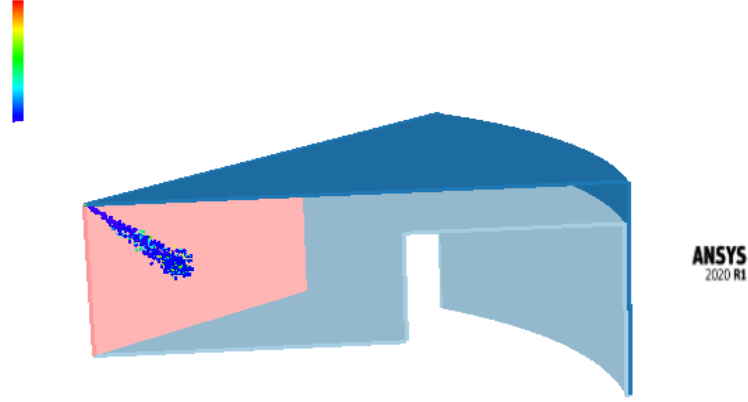


Şekil 7(d) Isı Yayılımının Başlaması ve Dağılımı (üst ölü noktadan 25 krank açısı sonra)

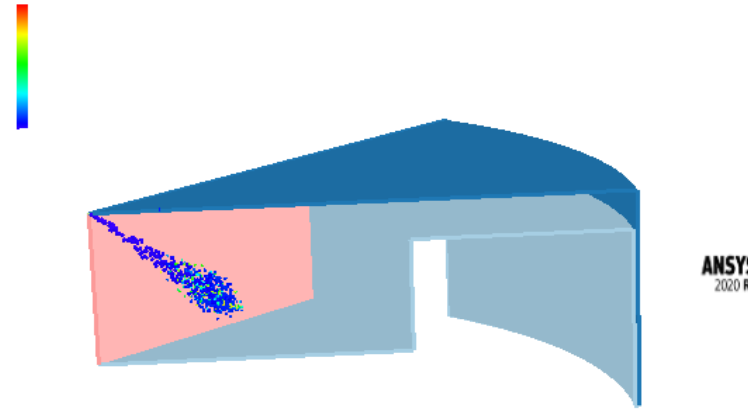
Isı yayılımı Şekil 7'de gösterildiği gibi oluşan sıcaklık sırasıyla ilerlemiştir. Görsellere baktığımızda ilk sıcaklık oluşumu enjektör memesinin etrafında daha sonrasında püskürtülen yakıtın piston tepesinde çarptığı yerde başlamaktadır. Enjeksiyon profili kesikli püskürtme olduğu için ilerleyen krank açılarında içerideki yakıt miktarı daha fazla artmıştır. Tutuşan yakıt piston yarığı içerisinde büyüyerek önce piston yüzeyinde, sonrasında silindir kapağında en son olarak da silindir duvarında yayılmaya devam etmektedir. En son silindir duvarında yayılmasının nedeni dizel motorlarda pistonların üzerinde yanma odaları bulunmasından kaynaklıdır. Silindir duvarlarında en çok sıcaklığa maruz kalan bölge en üst bölgedir. Buradan anlaşılan pistonun sürekli yağlanarak soğutulması gerektiği ve gerekiyorsa eğer bir yağ soğutucu ile motor içerisindeki yağın soğutulması gerekir. Kapaktaki ve silindir duvarında yer alan soğutma kanallarının ısıyı çekecek bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bunlar olmadığı takdirde motorun ağır çalışma şartları altında ömrü ciddi anlamda kısılacaktır.

Şekil 8(a-b-c-d)'de enjektörün yakıtı püskürtmesi modellenmiştir. 21 krank açısı önce başlayan 19 krank açısı devam eden püskürtmenin -17 krank açısından -14 krank açısına kadar olan modellemesi yapılmıştır.

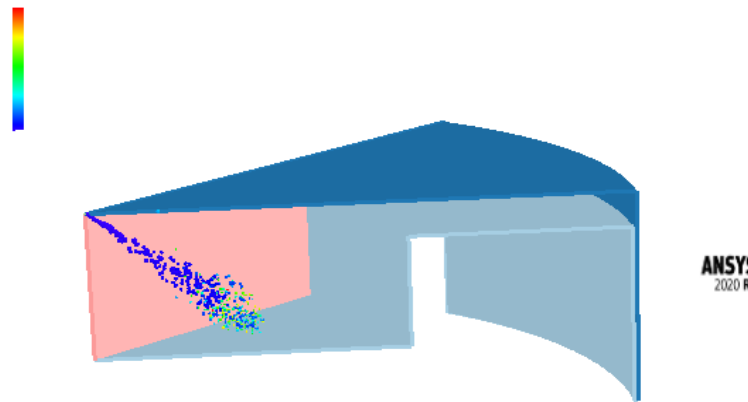
Şekil 8(a)'da avans açısı 21 derece olan enjeksiyonun tam olarak başladığı nokta görülmektedir. Devam eden 8(b) yakıtın pülverize olmaya başladığı görülmektedir. Bunu yakıtın içindeki mavi renk haricindeki renklerin çoğalmasından anlamaktayız. Bu olay 8(c) ve 8(d) de daha net olarak görülmektedir. Pülverizasyonun çok olduğu nokta enjektör memesi çıkışında değil daha çok piston yüzeyine yakın yerlerde meydana gelmektedir.



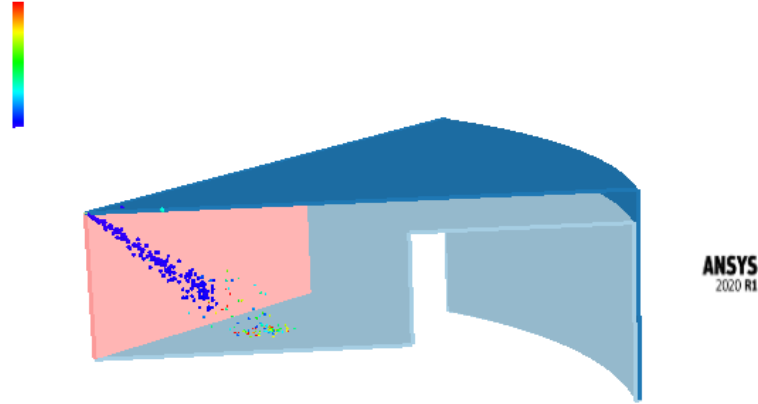
Şekil 8(a) Püskürtme (üst ölü noktadan 17 derece önce)



Şekil 8(b) Püskürtmenin (üst ölü noktadan 16 krank açısı önce)



Şekil 8(c) Püskürtme (üst ölü noktadan 15 krank açısı önce)



Şekil 8(d) Püskürtme (üst ölü noktadan 14 krank açısı önce)

İ. Emisyonların İncelenmesi

Motor üreticileri ürettikleri motorlarda emisyon standartlarına uymak zorunda olduklarından çıkan gazların analizlerini yapmaktadırlar. Emisyon standartlarına uymadıklarında ağır yaptırımlar ve para cezaları ile karşılaşmaktadır. Gelişen teknoloji sayesinde motoru üretmeden önce bunları simüle etmek kolaylaştı. Kullandığımız program gibi başka programlar sayesinde de çıkan gazların emisyonları izlenebilmektedir.

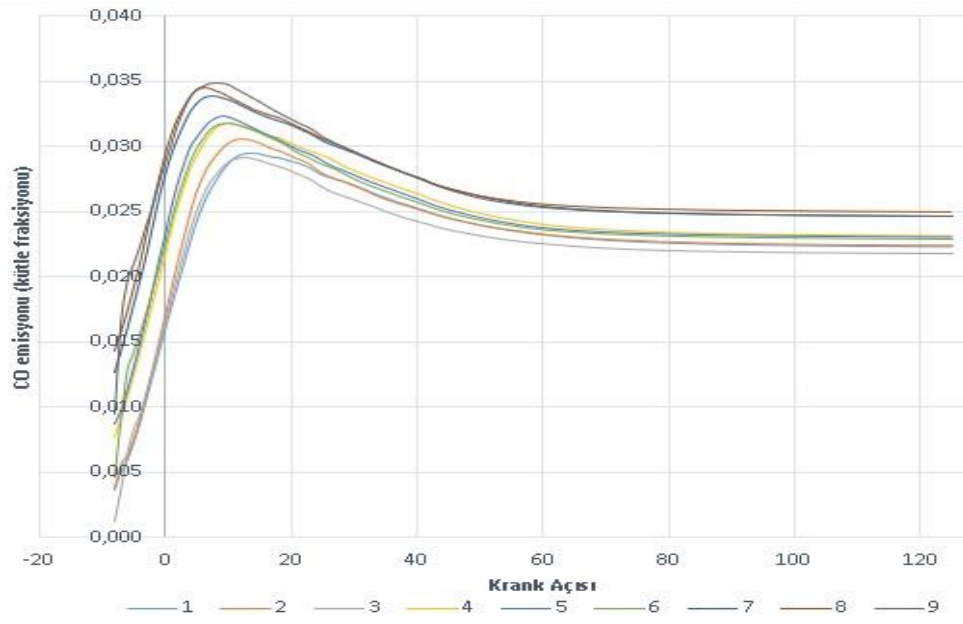
ANSYS Forte her bir analiz için gazların çıktılarını grafik halinde vermenin yanında Excel tablosu olarak da kaydetmektedir. Bunun sayesinde tüm analizler tek bir Excel dosyasında toplanıp karşılaştırılabilir.

Grafiklerdeki çizgiler analiz sırasıyla derlenmiştir.

1. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 15 derece önce %100 dizel
2. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 15 derece önce %90 dizel %10 etanol
3. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 15 derece önce %80 dizel %20 etanol
4. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 18 derece önce %100 dizel
5. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 18 derece önce %90 dizel %10 etanol
6. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 18 derece önce %80 dizel %20 etanol
7. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 21 derece önce %100 dizel
8. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 21 derece önce %90 dizel %10 etanol
9. 2750 devir Ü.Ö.N' dan 21 derece önce %80 dizel %20 etanol

Şekil 9'da CO emisyonuna baktığımız zaman avans açısına bağlı olarak bir artış görülmektedir. En üstteki 3 çizgi aşağıdan yukarıya sırasıyla 7-8-9 nolu analizlerdir. Yani aynı avans miktarında etanol oranının artmasıyla CO emisyonunda yükselme görülmektedir.

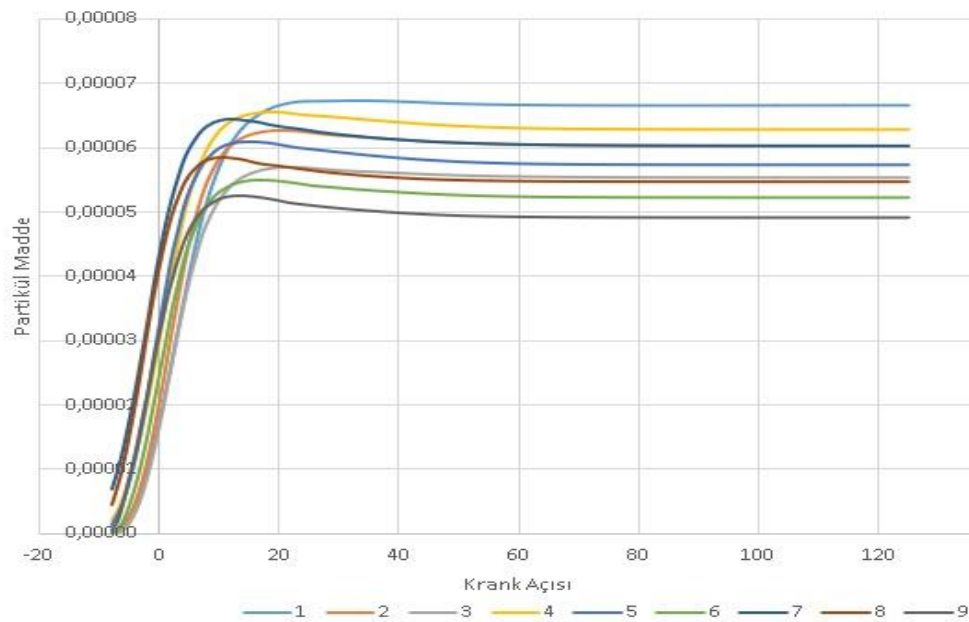
Emisyonun en düşük görüldüğü çizgi 3 numaralı analizdir. Avans açısının artması CO emisyonunu artış yönünde etkilemiştir.



Şekil 9. CO Emisyonu (kütfe fraksiyonu)

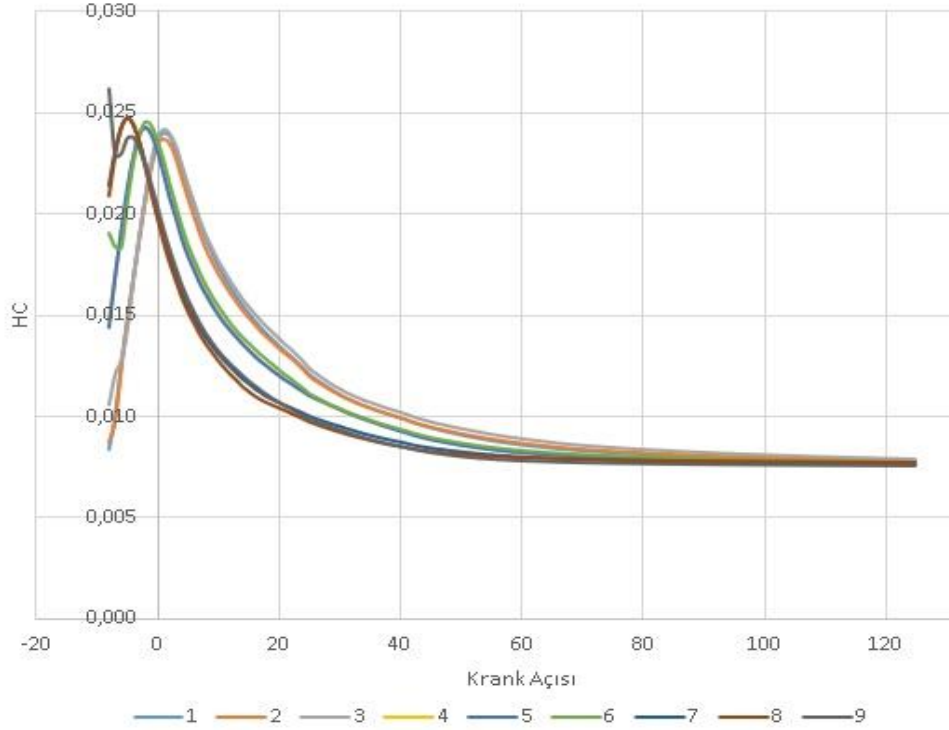
Şekil 10’da partikül madde çıkışı gözleendiğinde, en fazla partikül madde (is) 1 nolu analiz (15 derece Ü.Ö.N’ dan önce %100 dizel) de görülürken en az partikül madde (is) ise 9 nolu analizde (21 derece Ü.Ö.N’ dan önce %80 dizel %20 etanol) görülmüştür. Etanol ilave edilmesi is emisyonunu düşürmüştür.

Şekil 10’da da görüldüğü gibi avans açısının artırılması ve etanol yüzdesinin artırılması is emisyonlarını olumlu yönde etkilemiştir. CO emisyonuyla karşılaştırdığımızda zaman avans açısıyla beraber emisyon yükselirken, partikül madde emisyonunda tam tersi etki sağlamıştır.



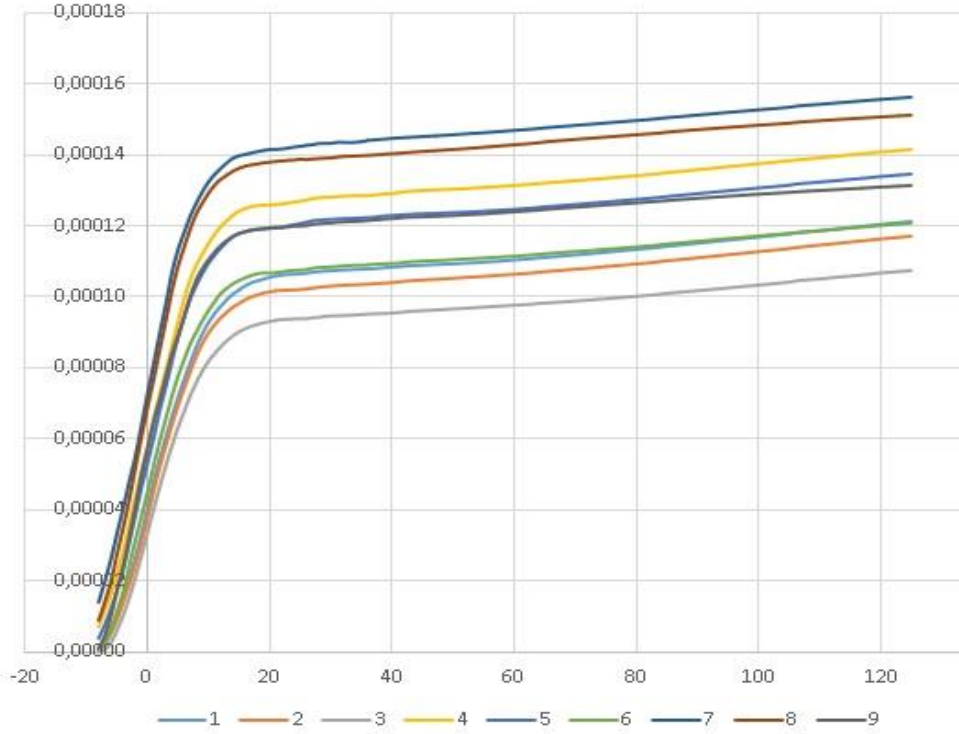
Şekil 10. Partikül Madde (is) Emisyonu (kütfe fraksiyonu)

Şekil 11’de hidrokarbon emisyonlarına baktığımız zaman avans açısının ve yakıt türünün emisyona çok fazla bir etkisi olmadığı görülmüştür. Hidrokarbon emisyonu silindir içerisinde alınan yanmadan dışarı çıkan emisyonlardır. Bu emisyonun yüksek olması eksik yanmayı işaret eder. Dizel araçlarda emisyonları, yakıt tüketimini, silindir içi sıcaklığı düşürmek için egzoz gazı re sirkülasyonu (EGR) gibi sistemler kullanılmaktadır. Bu sistem gerektiğinde devreye girerek, silindirin içine egzoz gazını gönderir ve bu sayede yanmamış HC’ler tekrardan yanmaya dahil edilir. Bu sistem ayrıca silindir içi sıcaklığı düşürdüğü için NO_x emisyonunu da düşürmektedir. Analizler yapılırken EGR kapalı olarak yapılmıştır.



Şekil 11. HC Emisyonları (kütle fraksiyonu)

NO_x emisyonları yanma sonucu oluşan NO , N_2O ve NO ’nun toplamıdır. NO_x ’ in %80-85’i NO ’ dan oluşur. NO_x emisyonları yaklaşık 1500 °C’yi aştığında silindir içerisinde bulunan N_2 , oksijen ile tepkiye girerek NO_x emisyonları oluşmaktadır. Sıcaklıktaki artışa bağlı olarak 1700 °C üzerindeki sıcaklıklarda meydana gelen %1 oranındaki artış NO_x emisyonlarında yaklaşık %20 oranında bir artışa sebebiyet vermektedir [4]. Tablo-9’da da görüldüğü gibi motor stabil çalışma devirlerine geldiğinde silindir içerisinde daha düşük bir ortalama sıcaklık yakalamaktadır. Bunun sonucu olarak da NO_x emisyonları düşmektedir. Yapılan analizlerin sonucunda çıkan gazlardaki NO_x oranları Şekil 12’de gösterilmiştir.



Şekil 12. NO_x Emisyonları (kütle fraksiyonu)

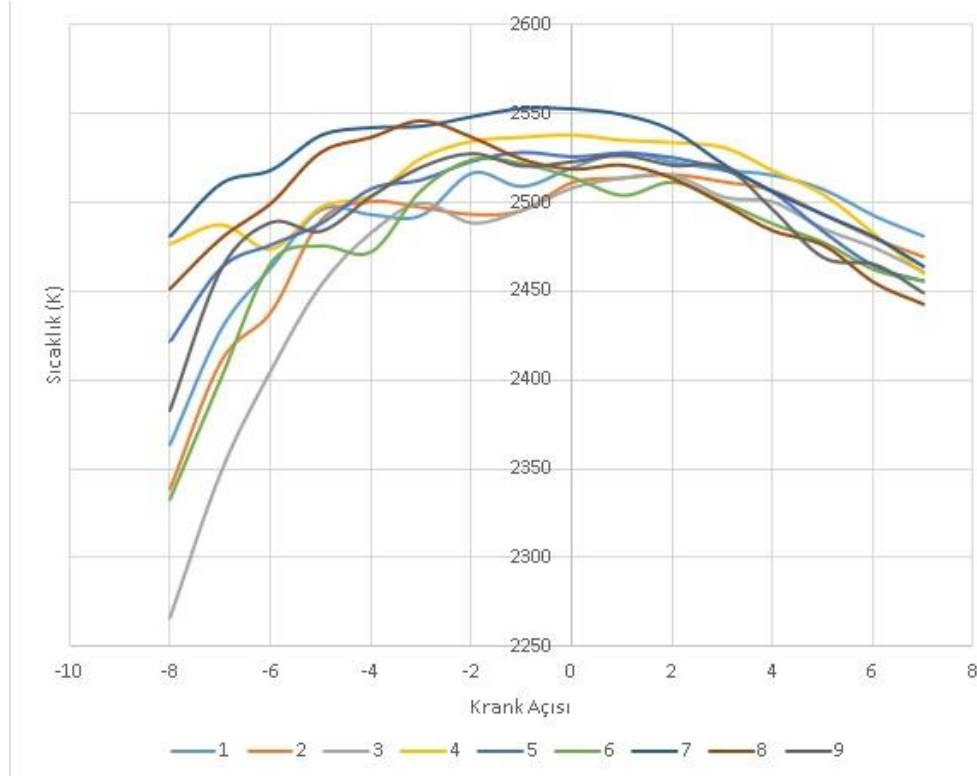
Grafiği incelediğimizde NO_x emisyonlarının en yüksek olduğu yer 7 nolu analizde (21 derece Ü.Ö.N' dan önce %100 dizel) olduğu görülmektedir. En düşük NO_x emisyonu ise 3 nolu analizde (15 derece Ü.Ö.N' dan önce %80 dizel %20 etanol) çıktığı görülmektedir. Silindir içi sıcaklığın etkisi olduğu gibi yakılan yakıtın ve avans miktarının da önemi büyüktür. Avans açısının düşürülmesi ve etanol eklenmesi NO_x oluşumunu düşürerek emisyonu olumlu yönde etkilemiştir [5]. Daha da fazla düşürülmesi durumunda NO_x oluşumu daha da düşecektir fakat yakıtın buharlaşacak ve tam olarak yanmaya zamanı olmayacağından dolayı eksik yanma gerçekleşecektir. Bu olay NO_x emisyonunu düşürürken yanmamış HC emisyonunu da aşırı şekilde yükseltecektir ve güç kaybına yol açacaktır.

J. Sıcaklık ve Basınçların İncelenmesi

Dizel motorların yanma; sıkıştırma sonucu sıcaklığı ve basıncı arttırılan havanın üstüne basınçlı bir şekilde yakıt püskürtülmesi ile gerçekleşir. Dizel motorların yanma sonu basınçları yüksek olur. Emisyon analizinde gözlemlendiği üzere sıcaklık ve basınçlarda püskürtme avansı ve farklı yakıt karışımlarında değişiklik göstermektedir.

-165 ile 125 krank açısı arasında kalan değerleri okumak, birbirinden ayırmak zor olduğu için grafiği oluştururken dar bir aralık seçilmiştir.

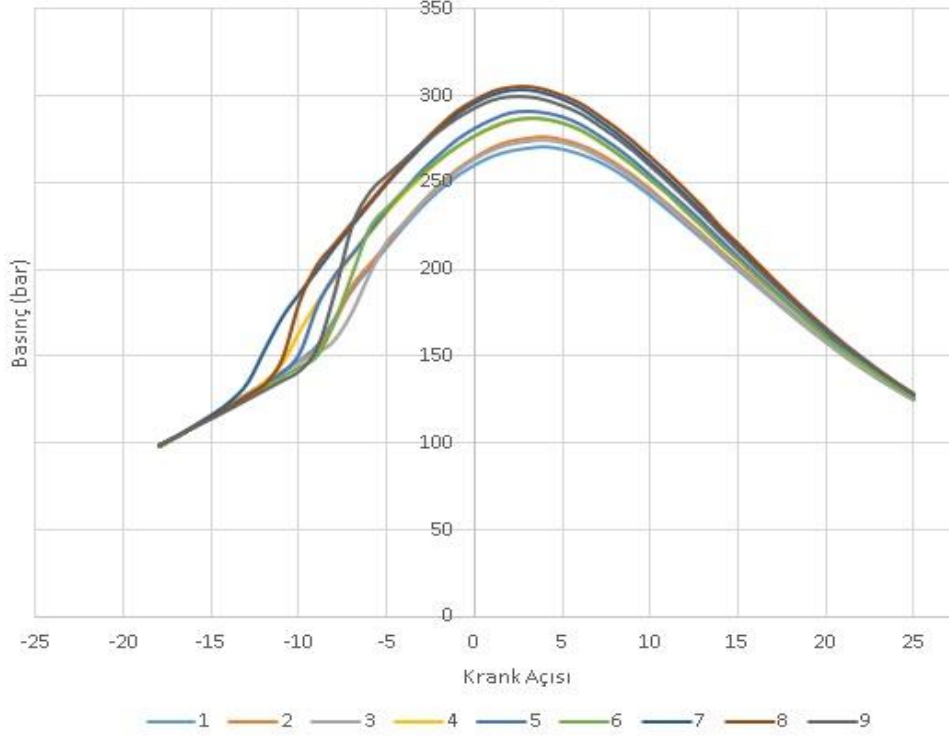
Şekil 13'te ki grafikte görüldüğü gibi en yüksek sıcaklık değerinin 7 nolu analizde (Ü.Ö.N' dan 21 derece önce %100 dizel) olduğunu görüyoruz. En düşük sıcaklık değerine ise 3 nolu analizde (Ü.Ö.N' dan 15 derece önce %80 dizel %20 etanol) ulaşılmaktadır. Düşük püskürtme avansının ve etanol katkılı yakıt kullanmanın emisyonlarda olduğu gibi sıcaklık grafiğinde de etkisi olduğu görülmektedir.



Şekil 13. Yanma Sonu En Yüksek Sıcaklıklar (K)

Şekil 14'te basınç grafiğini okuduğumuzda en yüksek basınç değerini 9 nolu analizde (Ü.Ö.N' dan 21 derece önce %90 dizel %10 etanol) elde edilirken, en düşük basınç ise 3 nolu analizde (Ü.Ö.N' dan 15 derece önce %80 dizel %20 etanol) elde edilmiştir. Basınç grafiğinde diğerlerinden farklı olarak en yüksek noktayı yakaladığımız analiz değişmiştir. Fakat en yüksek basınç değerine 21 krank açısı avans değerinde ve %10 etanol takviyesinde ulaşmıştır. Diğer grafiklerle karşılaştırdığımız zaman avans değerinin yüksek olması yüksek sıcaklık, basınç ve bunları bağımlı olarak da yüksek emisyonlara yol açmaktadır.

Sıcaklığın ve basıncın etkilerinin piston ve diğer yanma odası içerisinde bulunan elemanlar üzerindeki etkileri araştırdığımız için Ü.Ö.N' dan 21 derece önce %100 dizel yakıtının kullanıldığı analiz (7 nolu) ve Ü.Ö.N' dan 15 derece önce %80 dizel %20 etanolün kullanıldığı (3 nolu) analiz şartları bir sonraki aşamalarda kullanılmıştır.



Şekil 14. Yanma Sonu Basınçları (bar)

K. İş Zamanı Sonunda Pistona Gelen Basınç ve Sıcaklığın Oluşturduğu Deformasyonlar

Piston; içten yanmalı motorlarda biyel kolu ile krank miline bağlı olan, silindir gömleği içerisin aşağı ve yukarı hareket eden parçadır. Dizel motorlarda yakıt püskürtmesinin başlaması ve yakıtın alev almasıyla beraber içerideki basınç ve sıcaklık hızlı bir şekilde yükselir. Gerçekleşen yanma sonucunda gaz genişir ve üst ölü noktada en yüksek basınç değerine ulaşılır. Oluşan bu gaz kuvveti pistonu aşağıya doğru iter ve krank milini döndürür. Oluşan gaz kuvveti piston yüzeyine dolayısıyla pistonu etki eder. İş zamanında pistonla beraber gaz kuvvetine, silindir kapağı, supaplar ve silindir duvarları da maruz kalır. İçeride oluşan kuvvetler büyüdüğünde kullanılan malzemelerinde aynı oranda geliştirilmesi gerekir.

Silindir içerisindeki yanma sonucu oluşan gaz kuvvetinin piston üzerine etkileri incelenmiştir. Farklılıkları gözlemleyebilmek için yapılan analizlerden en yüksek ve en düşük sıcaklık, basınç verileri kullanıldı. Kullanılan piston modeli Şekil 15 'de ki SolidWorks ortamında 3 boyutlu olarak analizlerde kullanılan ölçülere göre çizilmiştir.



Şekil 15. Piston CAD Çizimi

L. Statik ve Termal Yükleme

Statik yükleme, gaz kuvvetinin pistonu karşı oluşturduğu tepki kuvvetlerinin piston üzerindeki yol açtığı deformasyonları görmek için kullanılmıştır. Termal analiz ise silindir içerisinde proseslerden dolayı artan sıcaklığın malzeme üzerinde nasıl bir deformasyona yol açtığını gözlemlemek için kullanılmıştır.[6] Ölçülen en yüksek basınç 305 bar (30.5 Mpa), en yüksek sıcaklık 2552 K (2279 °C) olarak bulunmuştur. Geçici termal analiz (transient thermal) ve statik yapı analizi beraber çözdürülmüştür. Piston malzemesi olarak al-2618A alüminyum alaşım malzemesi belirlenmiştir. Seçilen malzemenin özellikleri Tablo 10'da verilmiştir. Normal şartlarda üretilen pistonların bazılarında piston yüzeyine kaplama yapılır. Kaplamanın avantajı sürtünmeyi azaltır ve buna bağlı olarak meydana gelen sesi de azaltmış olur sadece bununla kısıtlı kalmayan kaplama işlemi aynı zamanda aşınma dayanımını da artırır. Analizlerde kaplama kullanılmamıştır.

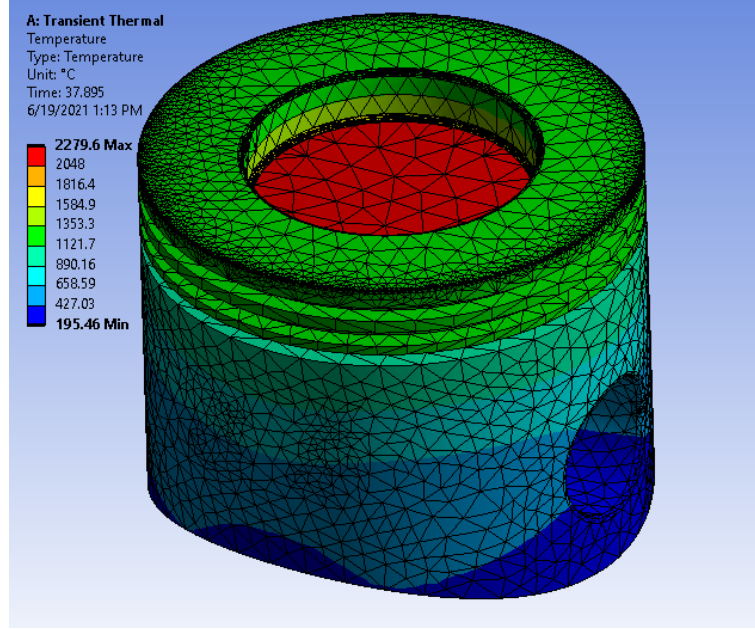
Tablo 10. Al-2618A Özellikleri

	Al-2618A
Çekme dayanımı	440MPa
Kesme dayanımı	260 Mpa
Akma dayanımı	370 Mpa
Termal iletkenlik	146W/mK

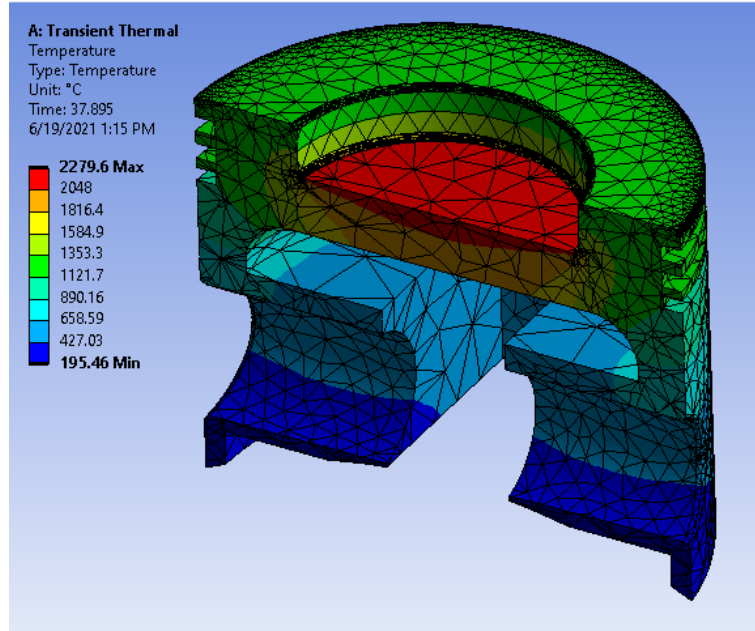
Yüksek değerler kullanılarak yapılan 1. Statik ve termal yükleme sonucunda;

Sıcaklığın etkisi göz önüne alındığında yanma sonucu oluşan yaklaşık 2552.6 K (2279.6 °C) sıcaklık değeri piston üzerine etki ettiğinde sıcaklığın dağılımı görülmektedir. Şekil 16(a) incelendiği zaman piston üzerinde görülen en yüksek sıcaklık 2279.6 °C (2552.6 K) ile piston yüzeyinde görülürken en düşük sıcaklık pistonun eteklerinde olup ölçülen sıcaklık 552.86 °C (825.86 K) ve ortalama piston

üzerindeki sıcaklık 902.6 °C (1175.6 K) olarak bulunmuştur. Şekil 16(b)'de gördüğümüz yarım kesit piston görüntüsünde de görüldüğü gibi sıcaklık piston yüzeyinde en yoğunken piston eteklerine doğru etkisini kaybetmiştir.



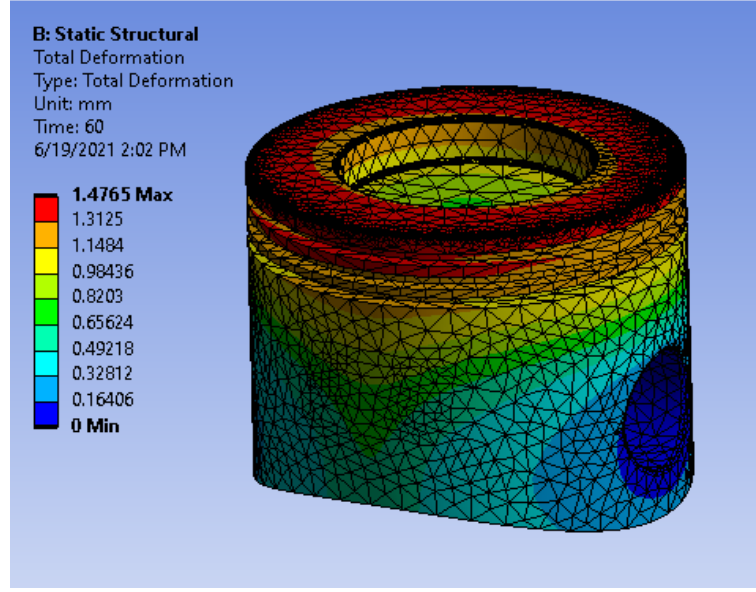
Şekil 16(a) Yüksek Sıcaklıkta Dağılım



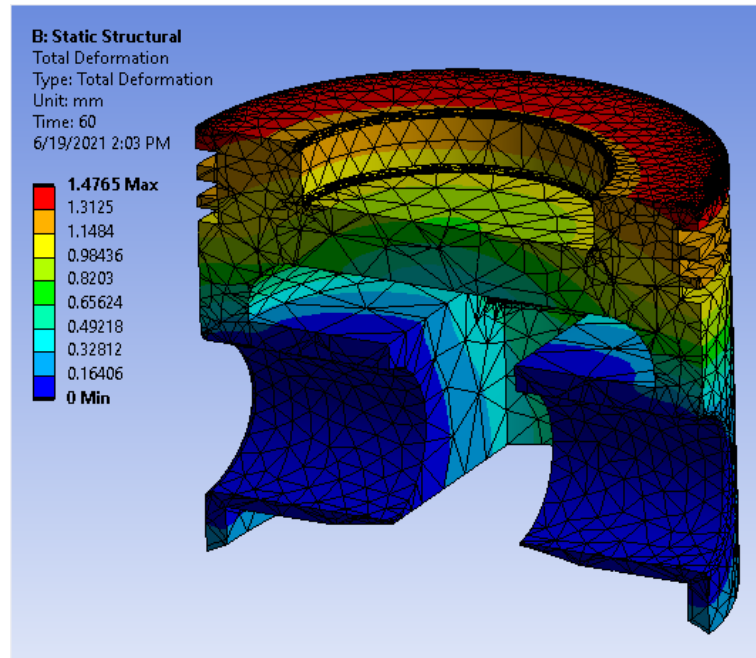
Şekil 16(b) Yüksek Sıcaklıkta Dağılım (yarım kesit)

Sıcaklıkla beraber uygulanan basıncın etkileri incelendiğinde ise;

Sıcaklıkla beraber gaz kuvveti de uygulandığı zaman piston üzerinde oluşan değişimler şekil 17(a) ve 17(b) de karşımıza çıkmaktadır. Genişleyen gaz pistonun aşağıya doğru hareketinden sonra pistonun üst noktalarına daha çok baskı yaptığı görülmektedir. Analizler sonucunda elde edilen maksimum deformasyon 1.4765 mm, ortalama olarak ise 1.0903 mm olarak görülmüştür.

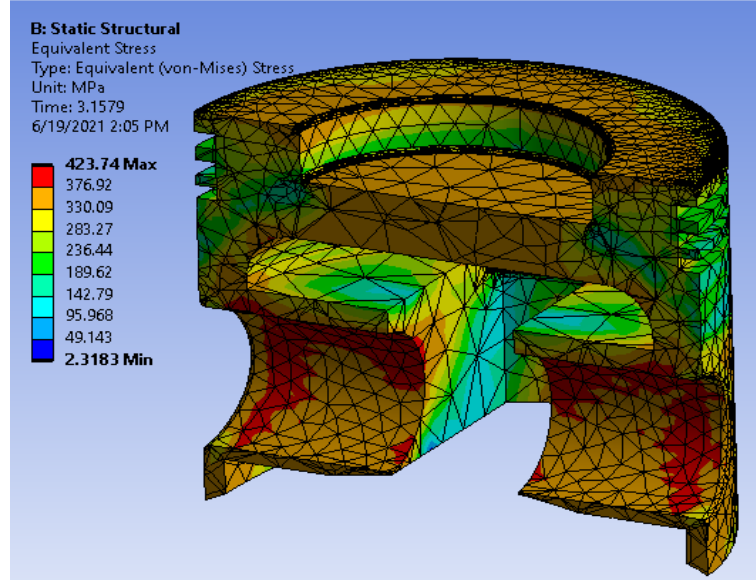


Şekil 17(a) Yüksek Basınç ve Sıcaklık Altında Deformasyon



Şekil 17(b) Yüksek Basınç ve Sıcaklık Altında Deformasyon (yarım kesit)

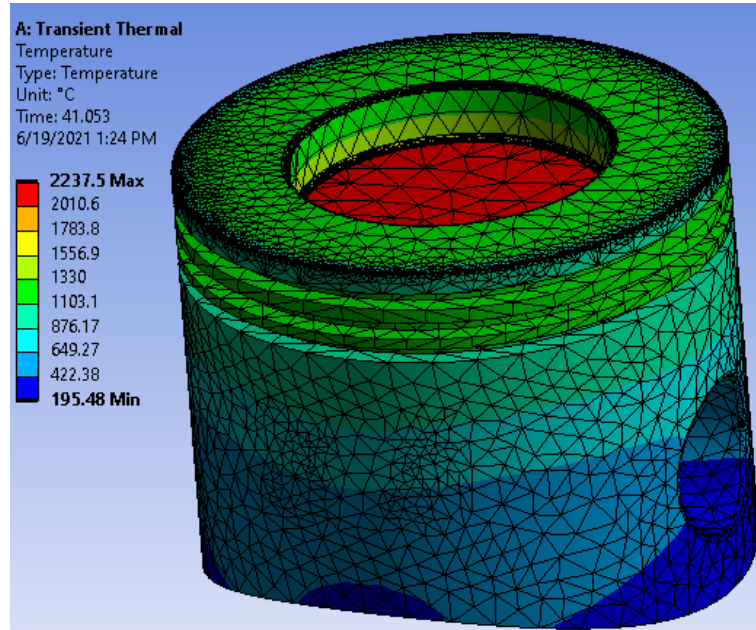
Von-mises stres analizi; parça üzerinde oluşan gerilmelerin ve kayma gerilmelerinin ortalaması olarak tanımlanır [7]. Şekil 18'de de görüldüğü gibi, basınç ve sıcaklık altında parçada meydana gelen en yüksek gerilme 423.74 MPa, en düşük gerilme 2.3183 MPa iken ortalama olarak bir piston üzerinde 266.73 MPa'lık gerilme etki etmektedir.



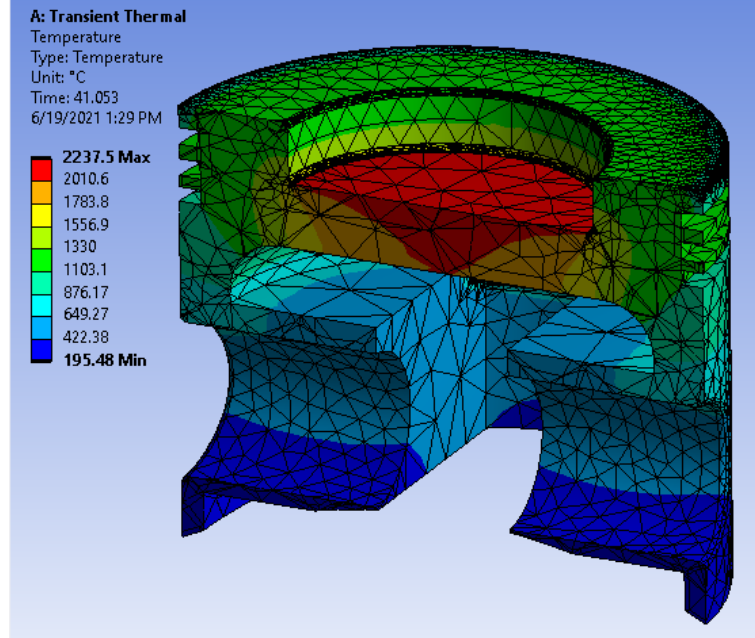
Şekil 18. Von-Mises Analizi (yarım kesit)

Yapılan birinci analizden sonra sıcaklık ve basınç farkının deformasyon miktarını görebilmek için ikinci bir analiz başlatıldı. İkinci çalışmada kullanmak için, yapılan ilk analizlerde bulunan en düşük sıcaklık ve basıncın bulunduğu 3 nolu analiz dikkate (15 derece Ü.Ö.N.' dan önce %80 dizel %20 etanol) alınmıştır. Bu analizde kabul edilen en düşük sıcaklık değeri 2242.2 °C (2515.2 K), en düşük basınç değeri ise 274 bar (27.4 MPa) olarak kullanılmıştır.

Sıcaklığın etkisi bu çözümle için incelendiğinde piston üzerine etkiyen en yüksek sıcaklık şekil 19(b)'de de görüldüğü gibi 2237.5 °C (2510.5 K) ile piston yüzeyinde, en düşük sıcaklık 195.48 °C (468.48 K) ile piston eteklerinde görülmektedir. Ortalama sıcaklık değeri ise 901.83 °C (1174.83 K) olarak gözlenmiştir.

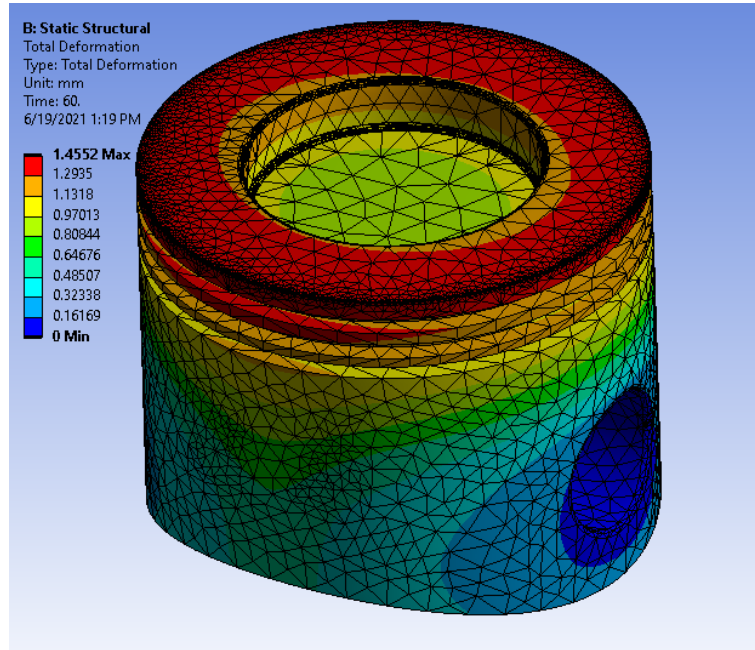


Şekil 19(a) Düşük Sıcaklıkta Dağılım

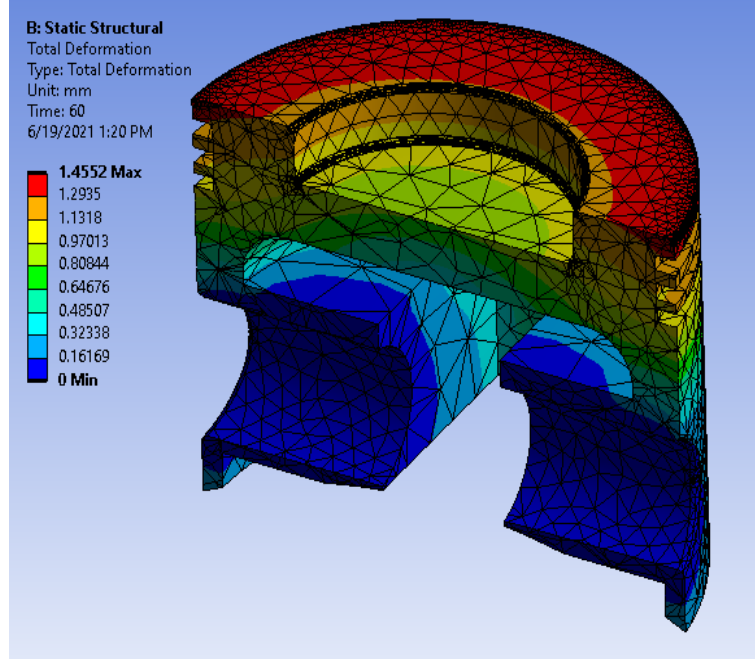


Şekil 19(b) Düşük Sıcaklıkta Dağılım (yarım kesit)

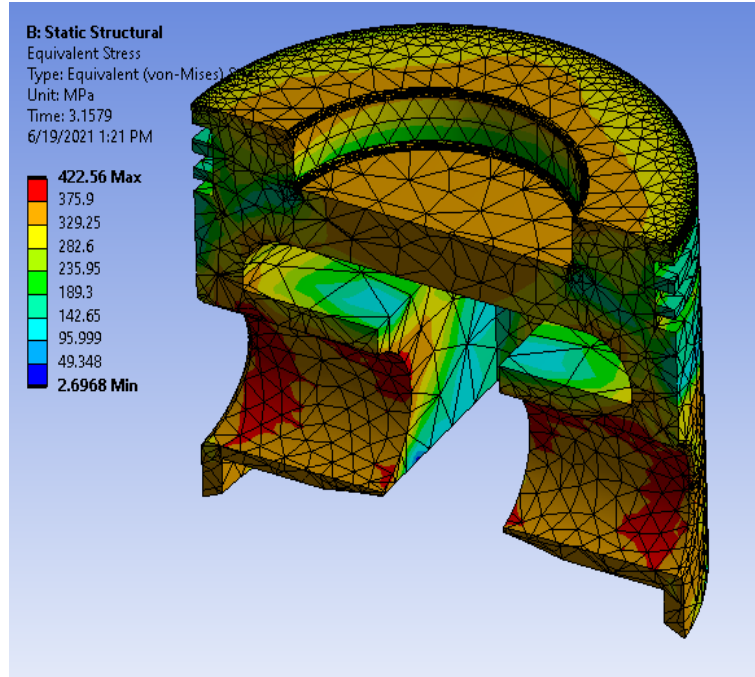
Sıcaklıkla beraber gaz kuvveti de uygulandığı zaman piston üzerinde oluşan değişimler şekil 20(a) ve 20(b) de karşımıza çıkmaktadır. Genişleyen gaz pistonun aşağıya doğru hareketinden sonra pistonun üst noktalarına daha çok baskı yaptığı görülmektedir. Analizler sonucunda elde edilen maksimum deformasyon 1.4552 mm, ortalama olarak ise 1.0638 mm olarak görülmüştür.



Şekil 20(a) Düşük Basınç ve Sıcaklık Altında Deformasyon



Şekil 20(b) Düşük Basınç ve Sıcaklık Altında Deformasyon (yarım kesit)



Şekil 21 Von-Misses Analizi (yarım kesit)

Şekil 21’de de görüldüğü gibi, basınç ve sıcaklık altında parçada meydana gelen en yüksek gerilme 422.56 MPa, en düşük gerilme 2.6968 MPa iken ortalama olarak bir piston üzerinde 246.42 MPa’lık gerilme etki etmektedir

III. BULGULAR

Yapılan analizler sonucunda avans açıları ve etanol ilavesinin motor yüküne de bağlı olarak değişim gözlenmiştir. Bu değişim etanol oranının artmasıyla olumlu yönde giderken, avans açısının yükselmesiyle olumsuz etkilenmiştir.

IV. TARTIŞMA

Her gün artan araç sayısından kaynaklı atmosfere salınan egzoz gazı emisyonu artmaktadır. Emisyonu belirli düzeylerin altında tutmak bu süreci durdurmayaacaktır fakat yavaşlatacaktır. Analiz sonuçlarına göre etanol ilavesinin artması emisyon oranlarını düşürmekle beraber motor parçalarının da ömrünün uzamasında yardımcı olacaktır. Tek çevrim için karşımıza çıkan ufak deformasyon farkları, uzun süreli kullanımda büyük farklar açacaktır.

V. SONUÇLAR

Çalışmanın sonucuna göre, yüksek avans açıları ve sadece dizel yakıt kullanımı emisyon ve parçalar üzerinde olumsuz etkileri vardır. Analiz sonuçlarında da gördüğümüz gibi sadece dizel kullanılan ve yüksek avans açılarında, emisyon, sıcaklık ve basınç yüksek çıkmıştır. Daha düşük bir avans açısında ve etanol ilaveli yakıtta ise daha düşük emisyon, sıcaklık ve basınç görülmüştür. Elde edilen sıcaklık ve basınç değerlerini termal ve statik yapı analizinde çift olarak kullanarak çözümleme yapıldığında, maksimum deformasyon oranında %1,5'lik bir fark karşımıza çıkarken, maksimum gerilme noktalarında ise %0.27'lik bir fark gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] C. Haşımoğlu, Y. İçingür ve H. Öğüt. ve Dizel Motorlarında Egzoz Gazları Resirkülasyonunun (EGR) Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Analizi. Turkish J. Eng. Env. Sci. 26 (2002), 127 – 135.
- [2] Euro Emisyon Standartları, https://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards
- [3] ANSYS Forte Tutorials, https://ansyshelp.ansys.com/account/secured?returnurl=/Views/Secured/corp/v201/en/forte_tut/i46901.html
- [4] İ.A. REŞİTOğLU. Dizel Motorlarda Yanma Sonucu Oluşan NOx Emisyonları ve SCR Teknolojisi. 14th International Combustion Symposium (INCOS2018) 25-27 April 2018, 212-216.
- [5] S. K. Gugulothu and K. H. C. Reddy CFD Simulation of In-Cylinder Flow on Different Piston Bowl Geometries in a DI Diesel Engine. Journal of Applied Fluid Mechanics, Vol. 9, No. 3 (2016), pp. 1147-1155.
- [6] P. Singh and Debashis Parmanik. Structural and Thermal Analysis of Different Piston Materials with Cooling (Due to Combustion Pressure) Using Finite Element Analysis International Journal of Automotive Engineering and Technologies Vol. 4, Issue 2 (2015), pp. 110 – 117.
- [7] Equivalent Stress Solid Mechanics I – Understanding the Physics Stress and Local Equilibrium • DECEMBER 2019 Von Mises Stress, https://courses.ansys.com/wp-content/uploads/2019/04/1.3.4-Equivalent_-Stress-_rebranded.pdf.

Determination of Macro and Trace Element Levels of Red Algae *Liagora ceranoides* (J.V.Lamouroux) and *Liagora viscida* ((Forsskål) C.Agardh) Species and From Mediterrenian Sea (Antalya/Turkey) by ICP-OES Method

Hatice Banu KESKİNKAYA¹

Numan Emre GÜMÜŞ

Cengiz AKKÖZ

Emine Şükran OKUDAN

Introduction

In front of the significant increase of industrialization and urbanization in coastal areas, the marine environments are subject to human pressure, especially in terms of pollution (Tanyolaç, 2009). Marine pollution generated by the spill of wastewater and industrial effluents mistreated or sometimes untreated is one of the most widespread forms and the most damaging to all coastal marine ecosystems of the planet (Espinosa *et al.*, 2007). Heavy metal pollution is one of the most important causes of pollution in lakes and seas around the world. Traditional solution technologies are taking time and expensive. For this reason, it is inevitable to use low-cost and environmentally-friendly technology to grade up contaminated soil and water resources, especially in developing countries (Abdallah and Abdallah,2008:140). Organisms which accumulate contaminants in their where this is not changes of contaminants. Algal seaweed has been used as biomonitors of metal samples were rinsed thoroughly with seawater on-site and contamination (Al-Homaidan, 2007:345; Kamala-Kannan *et al.*, 2008:1235) Macroalgal species are generally preferred as indicator organisms to measure heavy metal levels in both the seas and the freshwater in the world. Due to the high negativity on the surface of the red algae, they have the ability to attract and store many heavy metal ions in the water. This makes the use of algae important in determining and eliminating water pollution.(Alp *et al.*,2012:48). Many researchers have concentrated their studies on heavy metal absorption of algae under both experimental and natural conditions. There are studies on the use of *Cladophora* sp. and *Ulva* sp. algae as bioindicator species (Alp *et al.*2011:14).

¹ Hatice Banu KESKİNKAYA, Res. Assist., Selcuk University, Department of Biology, Orcid: 0000-0002-6970-6939

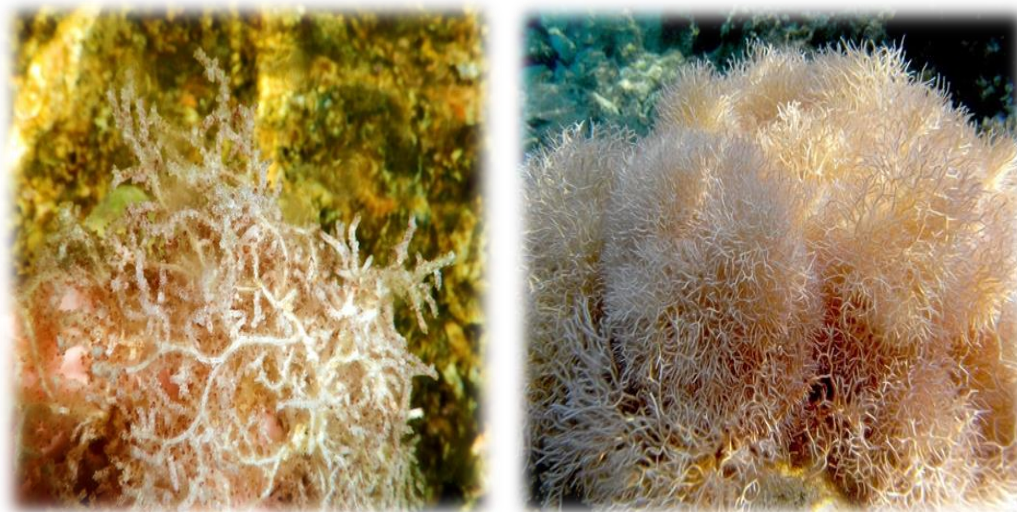


Figure 1: A. *Liagora ceranoides* (J.V.Lamouroux) in natural habitat. B. *Liagora viscida* ((Forsskål) C.Agardh) in natural habitat.

We aimed in this study determine the availability of macroscopic red algae from the Mediterrenian sea for absorption applications. For this purpose, both macro element values and trace element values were investigated and the results were evaluated by comparing algae and water.

Properties of Macro and Trace Elements

About the properties of the macro elements, in the water, Calcium can be found at very different concentrations. Calcium and magnesium are the most important ions that give water hardness. Potassium is the seventh of the elements found most abundantly in the earth's crust (Fowler, 1979:269). However, the amount of potassium in natural waters is low. Sodium is the most commonly found element in the earth's crust. Sea water has % 2.6-2.7 Sodium Chloride. Phosphorus is found in organic and inorganic forms in natural waters and is an essential element in plant and animal growth (Dadolahi-Sohrab *et al.*,2011:582)

The heavy metal sulfides found in the nature are partially oxidized by the effect of atmospheric events and dissolved in water to form sulfates (Villares *et al.*,2001:224) About the properties of the trace elements, Aluminum is the third frequently found element in earth's crust, but it is hardly ever found in waters. Toxic cadmium can be due to the impairment of galvanized pipes in aquatic environment, with its use in plastics industry as a stabilizer or due to other industrial wastes. Ahmadpour *et al.*,2012:14037). Cobalt is one of the trace elements necessary for life. In case of its deficiency, activation of certain enzymes can stop. Chromate compounds can be found in waters only with contamination. Copper available in water is related with the pH of water, carbonate concentration and other anions. While the amount of iron in nature is quite a lot in nature, it is found in small quantities in natural waters. Manganese is dissolved in soil due to climatic events and gets into water. The lack of molybdenum element limits the primer production. Algae growth is warned if added to water. Most nickel salts are water soluble. While they are found in surface waters at level 5-20 µg/ L. The average amount of lead at lakes and rivers on earth is around 1-10 micrograms. Selenium can get into aquatic environments through industrial waters. Zinc is one of the important elements for life.

As its amount in 1 m³ water varies from 2.5-12 mg, it is not deemed to be a trace element (Tüzen *et al.*,2009:365).

MATERIAL AND METHOD

Sampling procedures

Liagora ceranoides and *Liagora viscida* algal samples were taken from Antalya coast of in Mediterrenian Sea in 2019 at the middle of summer when algae formed intense populations. Among the various organisms, possible the samples were obtained by scuba diving. Collected samples were placed in sterile glass bottles and brought to the laboratory in the cold chain. The foreign materials on the algae are being cleaned with distilled water and then milled algae stored at room temperature. The satellite image of the area where the samples were taken is given in the Figure 2. Coordinates of the station where the samples are taken; station: N 36°52'57.15" E 30°40'40.36" , N 36°53'3.22" E 30°42'5.28" respectively.

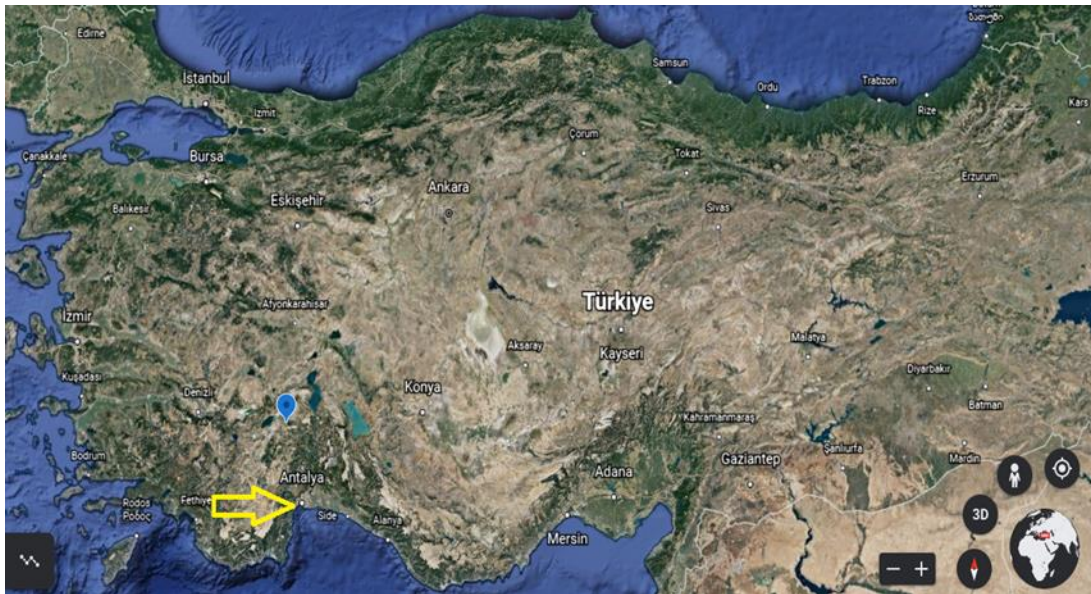


Figure 2: Satellite image of algae samples taken from Antalya

Determination of Macro and Trace Elements

Analytical methods.

Before analysis, samples were placed in durable glass bottles and dried at 105 ° C for 24 hours in a drying oven. 0.2 g of the dried samples were taken and 5 mL nitric acid (65 % HNO₃ mL⁻¹) and 2 mL of purified water were added and allowed to stand at room temperature for 24 hours. After that samples were dissolved in microwaved. The samples removed from the microwave were cooled and filtered through a 100 mm blue band filter paper, then transferred to falcon tubes and 25 mL volume was completed with deionized water (Rao,1986:220). The samples were then read on the ICP-OES (Varian Vista) device.

The wavelengths of the elements measured in the device are respectively B 249,772, Ca 317,933 nm, K 766,491 nm, Mg 279,553 nm, Na 589,592 nm, P 213,618 nm, Co 238,892, Mo 202,032 nm, Cd 214,439 nm, Cr 267,716 nm, Cu 327,395 nm, Fe 238,204 nm, Mn 257,610 nm, Ni 231,604 nm, Pb 220,353 nm and Zn 213,857. Working conditions of ICP-AES is as follows: instrument: ICP-AES (Varian-Vista), RF Power: 0.7-1.5 kW (1.2-1.3 kW for Axial), plasma gas flow rate (Ar): 10.5-15 dm³/min. (radial) 15 (axial) , auxiliary gas flow rate (Ar): 1.5, viewing height: 5-12 mm, copy and reading time: 1-5 s (max. 60 s) , copy time: 3 s (max. 100 s).

Statistical analysis.

All statistical analyses were performed by using the SPSS15 software package. The Pearson Correlation Matrix was applied in order to evaluate the relationship between each of the metal parameters within the *L. ceranoides* and *L. viscida*.

RESULTS

In this study, the concentrations of the elements that accumulate in *L. ceranoides* and *L. viscida* species taken from Antalya, were determined. Macro and trace element contents of algal species and aquatic environment were compared. The mean and standard deviation values of macro and trace element contents of algae samples are given in Table 1 and Table 2.

Table 1: Mineral and trace element concentrations obtained from *L.ceranoides*

n=3	<i>Liagora ceranoides</i> (mg/kg ⁻¹) Mean		
	Mineral Elements		Trace Elements
Ca	137645,1	Cd	BDL*
K	22482,5	Co	0,742
Mg	11139,5	Cr	0,742
Na	92237,5	Cu	5,196
P	148,478	Fe	233,11
BDL* = Below Dedection Limit		Mn	10,393
		Mo	BDL*
		Ni	0,742
		Pb	8,908
		Zn	11,878

Table 2: Mineral and trace element concentrations obtained from *L.viscida*

n=3	<i>Liagora viscida</i> (mg/kg ⁻¹) Mean		
	Mineral Elements		Trace Elements
Ca	258882,3	Cd	BDL*
K	13793	Co	BDL*
Mg	3440,7	Cr	3,076
Na	10528,4	Cu	6,923
P	280,769	Fe	727,692
BDL* = Below Dedection Limit		Mn	17,692
		Mo	BDL*
		Ni	5,384
		Pb	22,307
		Zn	12,307

According to Table 1 and 2, when the accumulation amounts of the elements in the algae samples are taken into consideration, it is determined that the first orders are taken by the macro elements. Molybdenum, cobalt and cadmium are below the limit values in the measurements. Iron was the most abundant trace element after macro elements in both samples. Phosphorus, Boron trace elements were followed Iron element. Chromium, cobalt and nickel are the least trace elements that can be detected. In our study, it was determined that the most trace element accumulation was in Iron element in both algal species. According to some other studies, it is seen that the most accumulation in the algal species is in Iron element.

Table 3: The relation between the metal parameters of the samples

Correlations														
	B	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Zn
B	1													
Ca	-,980	1												
Cr	,587	-,416	1											
Cu	,997*	-,962	,648	1										
Fe	-,635	,775	,252	-,574	1	.								
K	-,569	,721	,331	-,505	,997	1								
Mg	-,569	,721	,331	-,505	,997	1,000**	1							
Mn	,999**	-,980	,587	,997*	-,635	-,569	-,569	1						
Mo	,569	-,721	-,331	,505	-,997	-1,000**	-1,000**	,569	1					
Na	-1,000**	,980	-,587	-,997*	,635	,569	,569	-1,000**	-,569	1				
Ni	,997	-,961	,652	1,000**	-,570	-,500	-,500	,997	,500	-,997	1			
P	-1,000**	,980	-,587	-,997*	,635	,569	,569	-1,000**	-,569	1,000**	-,997	1		
Pb	-,956	,995	-,324	-,931	,834	,786	,786	-,956	-,786	,956	-,929	,956	1	
Zn	,459	-,275	,989	,526	,394	,469	,469	,459	-,469	-,459	,531	-,459	-,178	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

The relation between the metal parameters of the samples taken from the *L. ceranoides* and *L. viscida* taken from Dardanelles was determined by the Pearson Correlation Analysis and was given in Table 2. The relations between the metals in the *L. ceranoides* and *L. viscida* at 0,05 significance level ($p < 0.05$); At 0, 01 significance level ($p < 0,01$) while Mg element showed positive correlation with K element, it showed negative correlation with Mo element. In addition Mn element had positive correlation with B element and it showed negative correlation with Na and P elements ($p < 0,01$). Also while there was positive correlation between Cu and Ni, P and Na, there was negative correlation between Mo and K ($p < 0,01$).

As a results of our study, about macro elements, calcium has the highest value in both algal samples have been measured.

About trace elements, Iron has the highest value in both species have been measured. Elemental concentrations of *L.ceranoides* and *L.viscida* were determined as following: Ca> Na> K>Mg >Fe>P>B>Zn>Mn>Pb>Cu>Co=Cr=Ni, Ca>K>Na>Mg>Fe>P>B>Pb>Mn>Zn>Cu>Ni>Cr respectively.

CONCLUSION

According to these results, it can be said that algae has high absorption ability. According to PCA analysis, macro and trace elements showed positive and negative correlation with each other. High levels of heavy metals were found in *L. ceranoides* and *L. viscida* algae. These high concentrations are caused by anthropogenic discharges of pollutants into the coastal areas of A. Heavy metal

pollution, which adversely affects human health, should be monitored continuously in the Antalya, which has a high potential for ship traffic and tourism, and therefore, serious measures should be taken to reduce the input of pollutants into this area and action must be taken now before it is too late.

REFERENCES

- Abdallah, M. A., and Abdallah, A. M. (2008). Biomonitoring study of heavy metals in biota and sediments in the South Eastern coast of Mediterranean sea, Egypt. *Environmental Monitoring and Assessment*, 146(1-3), 139-145.
- Ahmadpour, P., Ahmadpour, F., Mahmud, T.M.M., Abdu, A., Soleimani, M., and Tayefeh, F.H. (2012). Phytoremediation of heavy metals: A green technology. *African Journal of Biotechnology*, 11(76):14036-14043.
- Al-Homaidan, A., (2007). Heavy metal concentration in three species of green algae from the Saudi coast of the Persian Gulf. *J. Food Agriculture Environment*, 5(3-4): 345-358
- Alp, M.T., Şen,B. and Özbay, Ö. (2011). Heavy Metal Levels in *Cladophora glomerata* which Seasonally Occurrence in the Lake of Hazar. *Ecology*,20(78), 13-17.
- Alp, M. T., Ozbay, O., and Sungur, M. A. (2012). Determination of Heavy Metal Levels in Sediment and Macroalgae (*Ulva* Sp. and *Enteromorpha* Sp.) on the Mersin Coast. *Ecology*, 21(82), 47-55.
- Dadolahi-Sohrab, A., Nabavi, A.N.S. M.B., Safahyeh, A., and Ketel-Mohseni, M. (2011). Environmental Monitoring of Heavy Metals in Seaweed and Associated Sediment from the Strait of Hormuz, IR Iran. *World*, 3(6), 576-589.
- Espinosa, F., Guerra-García, J.M., García-Gómez, J.C. (2007). Sewage pollution and extinction risk: an endangered limpet as bioindicator? *Biodiversity and Conservation*,16, 377-397
- Fowler, S.W. (1979). Use of marine algae as a reference material for pollutant monitoring and specimen banking. In: Luepke, N.P. (ed.). *Monitoring Environmental Materials and Specimen Banking. Martinus Nijhoff, The Hague.* (pp. 267-347).
- Kamala-Kannan, S., Prabhu, B. Dass Batvari, K.L. Lee, N.Kannan, R. Krishnamoorthy, K. Shanthi and M. Jayaparakash. (2008). Assessment of heavy metals (Cr, Cd and Pb) in water, sediments and seaweed (*Ulva lactuca*) in the Pulicat Lake, Southeast India. *Chemosphere*, 71(7): 1233-1240.
- Rao, S.V.R. (1986). Cadmium accumulation in fiddler crabs *Uca annulipes* uptake of lead chromium, cadmium and cobalt by *Cladophora glomerata*, *International Journal Environment Studies*, 27, 219-223.
- Villares, R., Puente, X., and Carballeira, A. (2001). *Ulva* and *Enteromorpha* as indicators of heavy metal pollution. *Hydrobiologia*, 462(1-3), 221-232.
- Tanyolaç, J. (2009). *Limnology: Fresh Water Science*, Hatiboğlu Publishing.
- Tüzen, M., Verep, B., Öğretmen, Ö.A. and Soylak, M. (2009). Trace Element Content in Marine Algae Species from the Black Sea, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 151: 363-368.

The Effect of Ischemic Conductivity and Regularization Methods for Localizing the Ischemic Region on the Heart: A Finite Element Study

Hamed KAGHAZCHI

Mustafa Kerem ÜN²

Introduction

Diagnosis of myocardial ischemia through traditional electrocardiography (ECG) relies on human interpretation of the body-surface signals and has a limited ability to localize ischemic regions. As myocardial ischemia can be characterized by the transmembrane potential (TMP), reconstructing a whole-heart TMP map will promote the determination of the location and extent of ischemia (Wang, 2012),(Cimponeriu et al., 2001),(Shaw, 2002).

This inverse problem is typically formulated using the finite element (FE) method based on the bidomain heart in which the cardiac source is represented either by the myocardial TMP or the current density derived from it (Bjorn Fredrik Nielsen et al., 2013),(Shaw, 2002). During the ST interval of the ECG, TMP is homogeneous throughout the heart except in ischemic tissue. Since torso potentials at some time point depend only on the TMP distribution at the instant, the inverse problem is formulated in this quasi-static segment of the heart cycle, eliminating time from the bidomain equation and simplifying the problem (MacLachlan et al., 2006),(Carmeliet, 2017),(MacLeod et al., 2005),(Johnston, 2005).

To obtain a unique solution to the ill-posed inverse problem, some constraint has to be applied to the possible solutions. The constraint can cast the solution into a certain functional form, effectively removes certain types of unrealistic solutions. Application of such constraints that would turn an otherwise irregular solution into a more regular one is called *regularization*.

Here, we have created pseudo-experimental data by running the forward problem separately with ischemic and healthy conductivities. The data are fed as input in the inverse problem and the outcome originating from a healthy and ischemic conductivities are compared.

We have applied two techniques, namely *Truncated Singular Value Decomposition* (TSVD) regularization and *Tikhonov* regularization (Barth et al., 2007). There are different variants of Tikhonov regularization that we have employed in this work, namely 0th and 1st order, and mean value

¹ Assist. Prof. Dr., Baku Engineering University, Department of Automation & Power Electrical Engineering, Orcid: 0000-0003-3085-1669

² Assoc. Prof. Dr., Çukurova University, Department of Biomedical Engineering, Orcid: 0000-0003-1818-1383

regularization. Mean value regularization, although based on a simple idea, has not been used in inverse ECG problem before and bears novelty in this work.

Method

Problem Formulation

To produce realistic synthetic data for acute ischemia myocardium, we set the TMP during the ST interval to 0 mV in the healthy tissue and -30 mV in the ischemic tissue (Wang, 2012),(Li et al., 1998),(Stinstra et al., 2004). With V_m denoting the TMP:

$$V_m(x) = \begin{cases} 0 \text{ mV}, & x \text{ in healthy tissue} \\ 30 \text{ mV}, & x \text{ in ischemic tissue} \end{cases} \quad (1)$$

The utilized mathematical model can be summarized as follows:

$$-\nabla \cdot (\sigma(x) \nabla \Phi(x)) = f(x), \quad x \in \Omega \quad (2)$$

where

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \in T \\ \nabla \cdot \sigma_i \nabla V_m(x), & x \in H \end{cases} \quad (3)$$

$$\Phi(x) = \begin{cases} \Phi & x \in T \\ \Phi_e & x \in H \end{cases} \quad (4)$$

$$\sigma(x) = \begin{cases} \sigma_T, & x \in T \\ \sigma_i + \sigma_e, & x \in H \end{cases} \quad (5)$$

$$(\sigma_T \nabla \Phi) \cdot \mathbf{n}_T = 0, \quad \text{on } \partial T \quad (6)$$

$$\Phi_e = \Phi, \quad \text{on } \partial H \quad (7)$$

$$(\sigma_e \nabla \Phi_e) \cdot \mathbf{n}_H = -(\sigma_T \nabla \Phi) \cdot \mathbf{n}_T, \quad \text{on } \partial H \quad (8)$$

$$(\sigma_i \nabla \Phi_i) \cdot \mathbf{n}_H = (\sigma_i \nabla (V_m + \Phi_e)) \cdot \mathbf{n}_H = 0, \quad \text{on } \partial H \quad (9)$$

The integral form of Eq. (2) after applying the Galerkin FE approach, Green's theorem, and the natural boundary conditions is given by:

$$\int_{\Omega} (\sigma(x) \nabla \Phi(x)) \cdot \nabla w(x) dx = - \int_H (\sigma_i \nabla V_m(x)) \cdot \nabla w(x) dx \quad (10)$$

where T represents the torso domain bounded between the heart surface and the body surface, H represents the heart domain, $\Omega = T \cup H$ is the entire domain, ∂T and ∂H are the boundaries of

torso and heart surfaces, respectively (Wang, 2012),(MacLachlan et al., 2007),(MacLachlan et al., 2005),(Ruud et al., 2009),(MacLachlan et al., 2006),(Bjørn Fredrik Nielsen et al., 2007).

The final linear system after FE interpolation is applied to Eq. (10) can be written in matrix form as:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{S}_{TT} & \mathbf{S}_{TR} & \mathbf{0} \\ \mathbf{S}_{RT} & \mathbf{S}_{RR} & \mathbf{S}_{RH} \\ \mathbf{0} & \mathbf{S}_{HR} & \mathbf{S}_{HH} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi_T \\ \Phi_R \\ \Phi_H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{M}\Phi_H \end{bmatrix} \quad (11)$$

where Φ_H , Φ_T and Φ_R denote the potentials of the heart nodes, the torso nodes where surface potentials are measured, and the remaining nodes of the problem domain, respectively. Note that a source can exist only in the heart domain. Hence, the FE representation of the source term (the right hand side of Eq. (10)) can be expressed using heart potentials as $\mathbf{M}\Phi_H$. The system in Eq. (11) can be manipulated to obtain the following relation between Φ_T and Φ_H :

$$(\mathbf{S}_{HR}\mathbf{S}_{RR}^{-1}\mathbf{S}_{RT})^{-1}(\mathbf{S}_{HH} - \mathbf{S}_{HR}\mathbf{S}_{RR}^{-1}\mathbf{S}_{RH} - \mathbf{M})\Phi_H = \Phi_T \quad (12)$$

In the inverse problem of ECG, we solve the ill-posed and typically underdetermined linear system given in Eq. (12) which is in the form $\mathbf{K}_T\Phi_H = \Phi_T$. Since underdetermined, a solution to this system can be found only under some imposed constraint, which is achieved through regularization.

Regularization towards an efficient and meaningful solution of the above equation has been one of the main research areas of computational cardiac research. Tikhonov (Shahidi et al., 1994), (Rudy & Oster, 1997), Kalman filter (Berrier et al., 2004), generalized eigensystem, Truncated total least squares (Throne et al., 1999), (Shou et al., 2008) TSVD, and Total Variation regularization (Wang, 2012) are some of the commonly used methods in the inverse problem of ECG.

Ill-conditioned systems, that are highly sensitive to changes in their input, appear in many problems of physical sciences. For the sake of notational simplicity, let us write the above linear system in a more familiar way as:

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b} \quad (13)$$

where $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$ and $\mathbf{b} \in \mathbb{R}^m$ represent the nodal value vectors of heart potentials Φ_H and the torso potentials Φ_T at measurement nodes, respectively, and $\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{m \times n}$ is the coefficient matrix. In our problem, $n > m$ since the number of heart nodes is larger than the number of torso nodes. Consequently, the resulting system is underdetermined. The solution of this system is sought by solving the linear least-squares minimization problem associated with the linear system

$$\min \|\mathbf{Ax} - \mathbf{b}\| \quad (14)$$

where the symbol $\|\cdot\|$ indicates the L^2 norm of the equation residuals. As mentioned before, small numerical changes in the entries of \mathbf{A} and/or \mathbf{b} causes disproportionately large changes in \mathbf{x} . In order

to be able to obtain a physically meaningful solution to the linear system from Eq. (14), a constraint has to be enforced to the \mathbf{x} vector (i.e. \mathbf{x} should be regularized) such that it does not behave chaotically.

The two-dimensional chest model used in this study is acquired from University of Utah (Fig.1.) Realistic conductivity values are taken from literature (Ruud et al, 2009) and assigned to different tissues in the chest model. The FE procedure and the corresponding regularization codes are programmed in Python environment. The FE code is verified for simple test cases using COMSOL Multiphysics (COMSOL AB, Stocholm, Sweden) package.

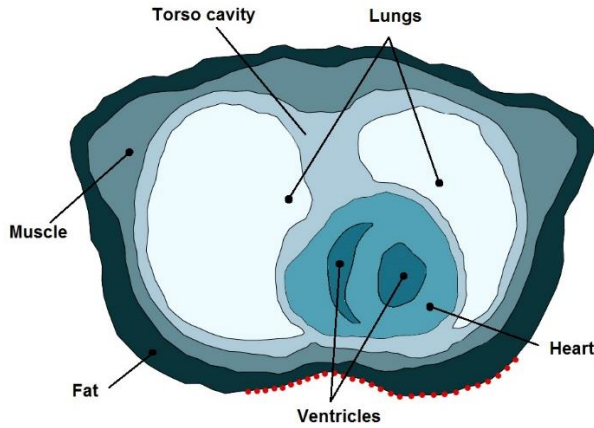


Figure 1. Chest model used in the study. Red dots indicate the points where torso potentials are measured.

The Singular Value Decomposition

The singular value decomposition (SVD) of \mathbf{A} is accomplished by:

$$\mathbf{A} = \mathbf{U}\mathbf{D}\mathbf{V}^T = \sum_{i=1}^P \mathbf{u}_i \sigma_i \mathbf{v}_i^T, P = \text{rank}(\mathbf{A}) = \min(m, n) \quad (15)$$

where $\mathbf{U} = (\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_m) \in \mathbb{R}^{m \times m}$ and $\mathbf{V} = (\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \dots, \mathbf{v}_n) \in \mathbb{R}^{n \times n}$ are matrices with orthonormal columns, $\mathbf{U}^T \mathbf{U} = \mathbf{V}^T \mathbf{V} = \mathbf{I}_n$ and where $\mathbf{D} = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n) \in \mathbb{R}^{m \times n}$ has non-negative diagonal elements appearing in non-increasing order such that

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_n \geq 0 \quad (16)$$

The numbers σ_i are the singular values of \mathbf{A} while the vectors \mathbf{u}_i and \mathbf{v}_i are the left and right singular vectors of \mathbf{A} , respectively. The condition number of \mathbf{A} is equal to the ratio $\frac{\sigma_1}{\sigma_n}$ (Johnson & MacLeod, 2012),(Wu et al., 2013),(Engl et al., 1996),(Groetsch & Groetsch, 1993).

The *rank* of a matrix is defined as the maximum number of linearly independent rows (or equivalently columns) in the matrix. For an $m \times n$ matrix, the maximum possible value for $\text{rank}(\mathbf{A})$ is $\min(m, n)$.

If $m > n$ then

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & & \ddots & \\ 0 & \cdots & \cdots & \sigma_n \\ 0 & \cdots & \cdots & 0 \\ \vdots & & & \\ 0 & \cdots & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (17)$$

and in the case $n > m$ the matrix \mathbf{D} takes the form

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & \cdots & \sigma_m & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (18)$$

According to the definition of pseudo-inverse matrix

$$\mathbf{A}^\dagger = \mathbf{V}\mathbf{D}^\dagger\mathbf{U}^T = \sum_{i=1}^{\text{Rank}(A)} \frac{\mathbf{v}_i \mathbf{u}_i^T}{\sigma_i} \quad (19)$$

$$\mathbf{D}^\dagger = \text{diag}\left(\frac{1}{\sigma_1}, \frac{1}{\sigma_2}, \dots, \frac{1}{\sigma_n}\right) \quad (20)$$

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma_2} & \cdots & 0 \\ \vdots & & \ddots & \\ 0 & \cdots & \cdots & \frac{1}{\sigma_n} \\ 0 & \cdots & \cdots & 0 \\ \vdots & & & \\ 0 & \cdots & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (21)$$

So,

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}^\dagger \mathbf{b} = \sum_{i=1}^{Rank(A)} \left(\frac{\mathbf{v}_i \mathbf{u}_i^T}{\sigma_i} \right) \mathbf{b} \quad (22)$$

Truncated Singular Value Decomposition

TSVD approximation of \mathbf{A} will effectively ignore the smallest singular values. Consider the best rank k approximation of \mathbf{A} with respect to the Euclidean norm. It is given by the sum of the first k rank-one matrices in the SVD, i.e.

$$\mathbf{A}_k = \mathbf{U} \mathbf{D}_k \mathbf{V}^T = \sum_{i=1}^k \mathbf{u}_i \sigma_i \mathbf{v}_i^T \quad (23)$$

For $k < rank(\mathbf{A})$, the TSVD method gives the approximate solutions of Eq.(22) in the form

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{A}_k^\dagger \mathbf{b} = (\mathbf{V} \mathbf{D}_k^\dagger \mathbf{U}^T) \mathbf{b} = \sum_{i=1}^k \left(\frac{\mathbf{v}_i \mathbf{u}_i^T}{\sigma_i} \right) \mathbf{b} \quad (24)$$

where \mathbf{x}_k is the vector that satisfies Eq.(14). In other words:

$$\mathbf{x}_k = \left(\mathbf{x} \mid \min \|\mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{b}\| \right) \quad (25)$$

Tikhonov Regularization

This regularization method replaces the minimization problem given in Eq. (14) by the penalized least squares problem (Hou & Jin, 1997),(Chamorro-Servent et al., 2018),(Johnston Peter R., 2018).

$$\min \left\{ \|\mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{b}\|^2 + \alpha^2 \|\mathbf{L}\mathbf{x}\|^2 \right\} \quad (26)$$

Matrix \mathbf{L} is the *regularization matrix* and used to incorporate *a priori* information into the solution. The *regularization parameter* α is a weight term that adjusts the contribution of the regularization term $\|\mathbf{L}\mathbf{x}\|^2$ to the minimized functional (Oster & Rudy, 1992),(Rudy & Oster, 1997),(Wu et al., 2013),(Cheng et al., 2003),(Tuboly et al., 2015).

Two choices of \mathbf{L} used in this work are:

- i. the unit matrix \mathbf{I} ;

$$\mathbf{L} = \mathbf{I} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

- ii. the discrete first order derivative operator;

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & -1 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & & \vdots \\ & & \ddots & \ddots & \\ 0 & \cdots & & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

The corresponding regularization methods are called 0th and 1st order Tikhonov regularization, respectively. The pseudo-inverse of \mathbf{A} in this method is given by

$$\mathbf{A}_\alpha^\dagger = (\mathbf{A}^T \mathbf{A} + \alpha^2 \mathbf{L}^T \mathbf{L})^{-1} \mathbf{A}^T \quad (27)$$

And the solution for \mathbf{x} is obtained as:

$$\mathbf{x}_\alpha = \mathbf{A}_\alpha^\dagger \mathbf{b} \quad (28)$$

When the SVD of \mathbf{A} is available, we see that the solution vector \mathbf{x}_α can be expressed as

$$\mathbf{x}_\alpha = \mathbf{V}(\mathbf{D}^2 + \alpha^2 \mathbf{L}^T \mathbf{L})^{-1} \mathbf{D} \mathbf{U}^T \mathbf{b} \quad (29)$$

If we insert the singular values and vectors, we get

$$\mathbf{x}_\alpha = \sum_{i=1}^n (\mathbf{v}_i \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_i^2 + \alpha_i^2} \right) \mathbf{u}^T) \mathbf{b} \quad (30)$$

Mean Value Regularization

While heart potentials change across the tissue, no major fluctuations are expected in their values. Hence, another possible constraint could be forcing the values in \mathbf{x} as close to their mean value as possible. To enforce this constraint \mathbf{L} should be defined in such a way that:

$$\|\mathbf{L}\mathbf{x}\| = (x_1 - x_{ave})^2 + (x_2 - x_{ave})^2 + \cdots + (x_n - x_{ave})^2 \quad (31)$$

which can be achieved if \mathbf{L} is chosen as:

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{1}{n} & -\frac{1}{n} & \cdots & -\frac{1}{n} \\ -\frac{1}{n} & 1 - \frac{1}{n} & \cdots & -\frac{1}{n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\frac{1}{n} & -\frac{1}{n} & \cdots & 1 - \frac{1}{n} \end{bmatrix}$$

Results

The torso potentials calculated in the forward analysis constitutes the input of the inverse problem and the objective is to reconstruct the TMP distribution as output. The reconstruction of TMP allows us to locate the ischemic region due to its altered TMP.

The forward simulation is run on the inhomogeneous chest model for three constructed ischemia cases that we have named Ischemia 1 (Fig. 2), Ischemia 2 (Fig. 3) and Ischemia 3 (Fig. 4). The torso potentials calculated in the forward analysis constitutes the pseudo-experimental data that we fed to the inverse analysis. Then the related TMP is constructed in the heart tissue. The nodes where the reconstructed TMP significantly deviates from its healthy value of 0 mV towards the unhealthy value of -30 mV should belong to the ischemic region. In this work, a node whose TMP turns out to be lower than -0.001 mV is considered to be located in the ischemic region.

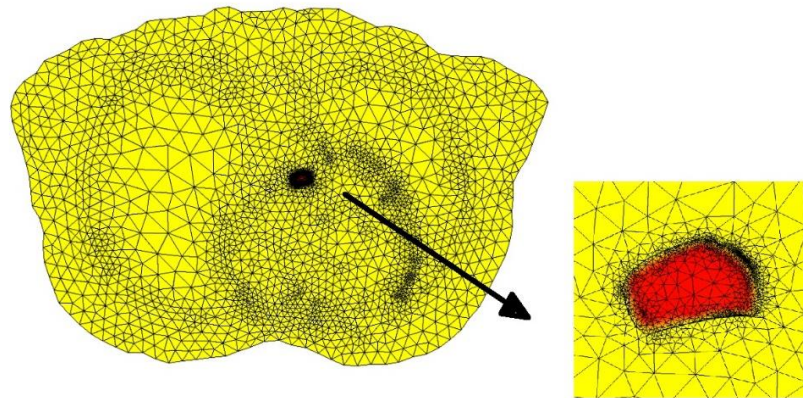


Figure 2. Inhomogeneous torso model, isotropic heart conductivity and ischemic region on the top of left ventricle (Ischemia 1). The mesh has 3181 nodes and 6252 elements.

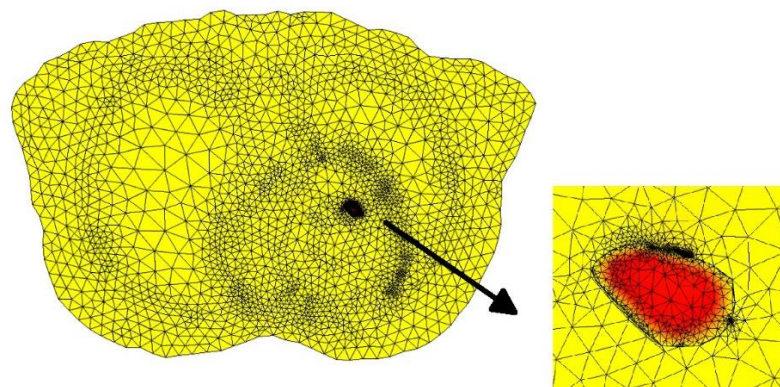


Figure 3. Inhomogeneous torso model, isotropic heart conductivity and ischemic region on the right hand side of left ventricle (Ischemia 2). The mesh has 4641 nodes and 9172 elements.

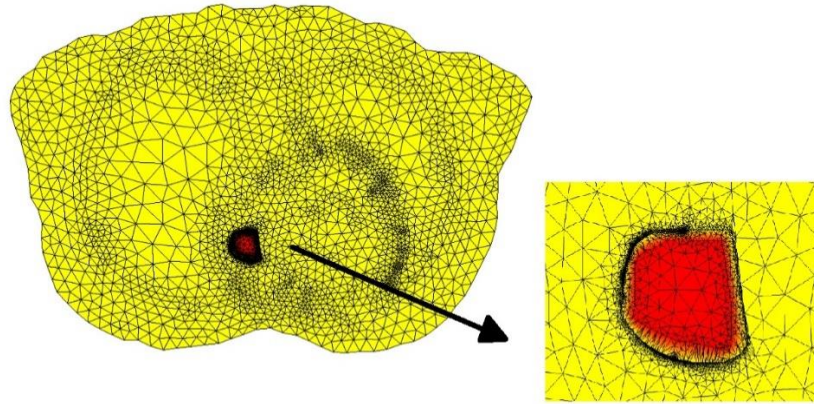


Figure 4. Inhomogeneous torso model, isotropic heart conductivity and ischemic region on the left hand side of right ventricle (Ischemia 3). The mesh has 2863 nodes and 5616 elements.

For the three ischemia cases we have studied, assuming healthy or ischemic conductivity in does not seem to make much difference in successfully locating the ischemic region.

TVSD and the other three regularization techniques has located the ischemic region almost perfectly for Ischemia 1 case with or without ischemic conductivity taken into account (Figs. 5-8).

For Ischemia 2 case, we have observed that the utilized regularization methods capture the ischemic boundaries slightly better when the ischemic conductivity is not taken into account. (Figs. 9-12). All four regularization techniques have performed with the same effectiveness for this case.

The results produced for Ischemia 3 case show again similar trends with the previous two cases. There seems to be no distinct advantage of one approach to the other. The boundary of the estimated ischemic region has deviated around its outer edge from the experimental boundaries with all regularization techniques (Figs. 13-16).

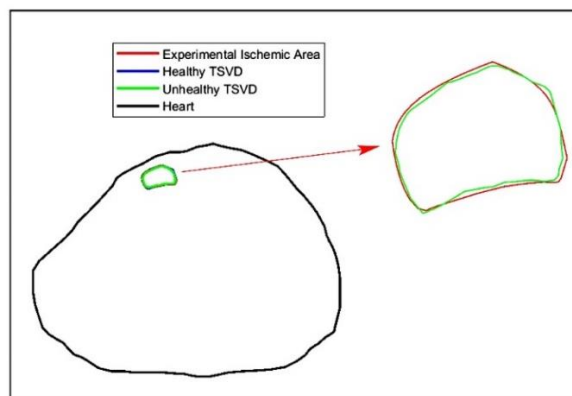


Figure 5. Localizing the ischemic region with healthy and unhealthy conductivities using TSVD regularization (Ischemia 1).

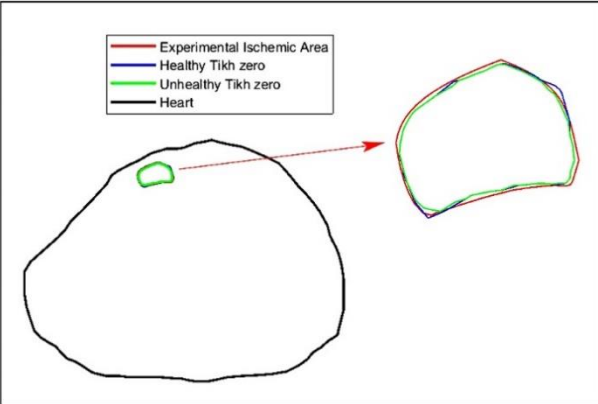


Figure 6. Localizing the ischemic region with healthy and unhealthy conductivities using Zero order Tikhonov regularization (Ischemia 1).

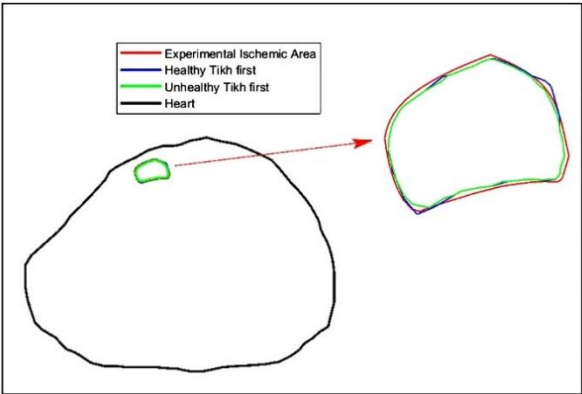


Figure 7. Localizing the ischemic region with healthy and unhealthy conductivities using First order Tikhonov regularization (Ischemia 1).

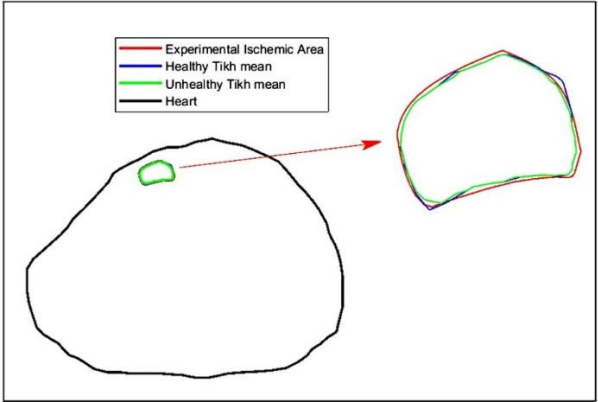


Figure 8. Localizing the ischemic region with healthy and unhealthy conductivities using Mean value regularization (Ischemia 1).

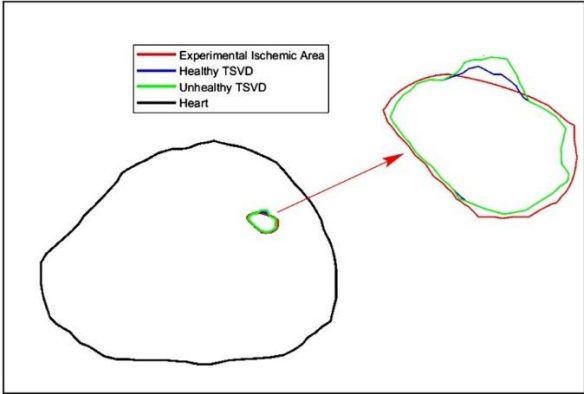


Figure 9. Localizing the ischemic region with healthy and unhealthy conductivities using TSVD regularization (Ischemia 2).

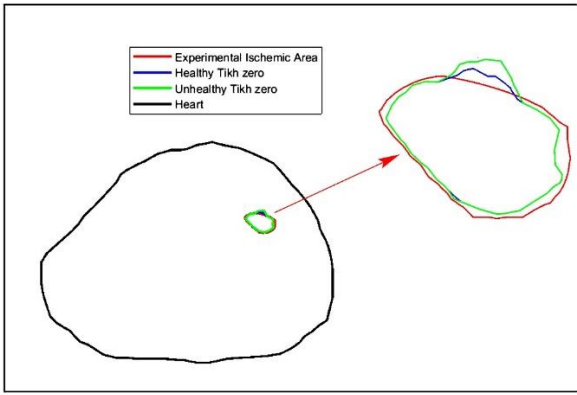


Figure 10. Localizing the ischemic region with healthy and unhealthy conductivities using Zero order Tikhonov regularization (Ischemia 2).

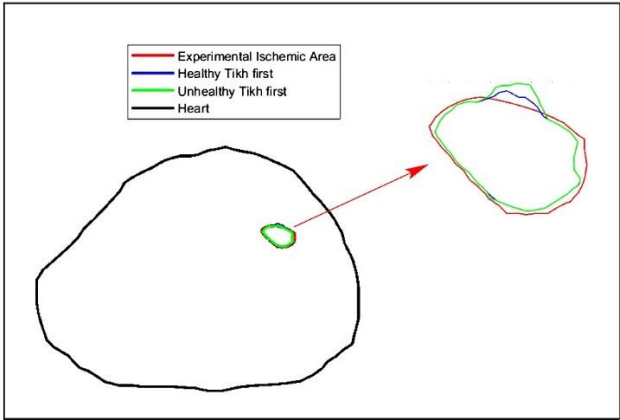


Figure 11. Localizing the ischemic region with healthy and unhealthy conductivities using First order Tikhonov regularization (Ischemia 2).

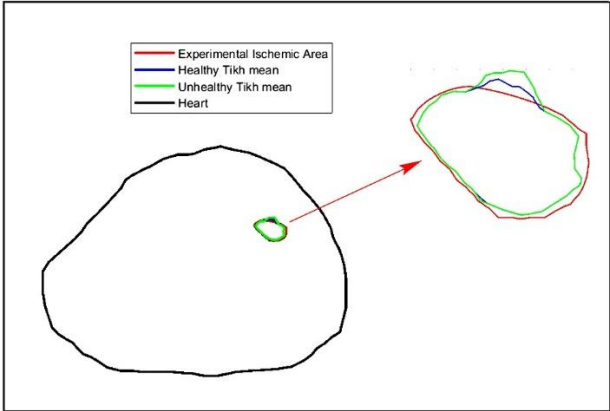


Figure 12. Localizing the ischemic region with healthy and unhealthy conductivities using Mean value regularization (Ischemia 2).

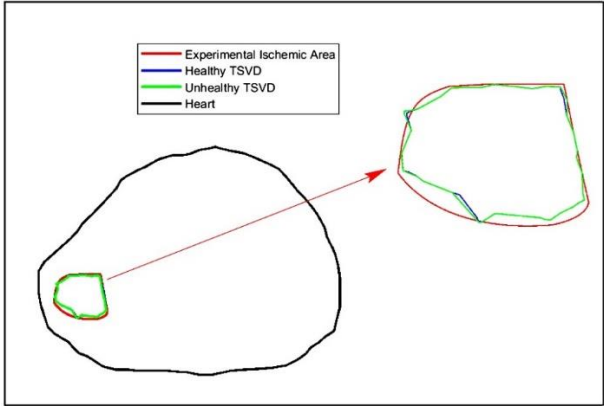


Figure 13. Localizing the ischemic region with healthy and unhealthy conductivities using TSVD regularization (Ischemia 3).

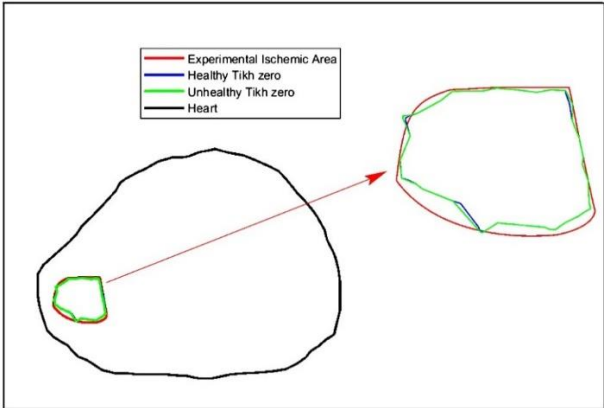


Figure 14. Localizing the ischemic region with healthy and unhealthy conductivities using Zero order Tikhonov regularization (Ischemia 3).

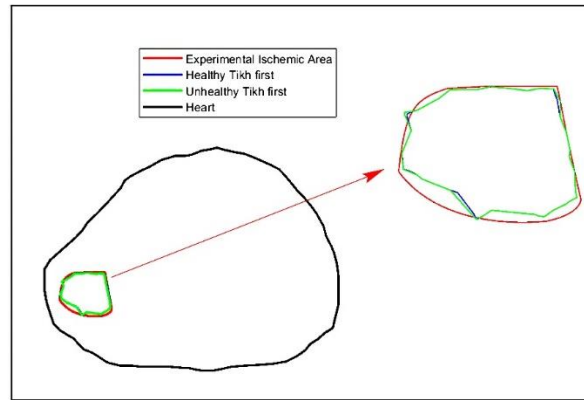


Figure 15. Localizing the ischemic region with healthy and unhealthy conductivities using First order Tikhonov regularization (Ischemia 3).

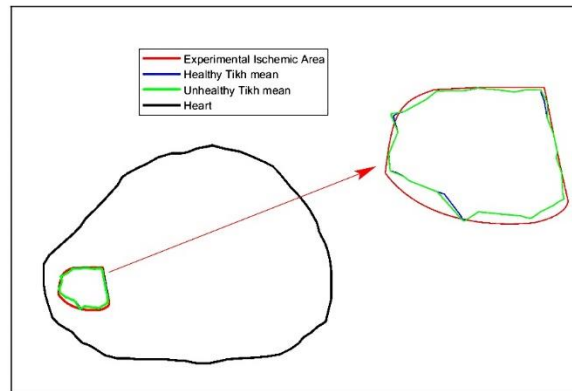


Figure 16. Localizing the ischemic region with healthy and unhealthy conductivities using Mean value regularization (Ischemia 3).

Discussion and Conclusion

In this work, we have investigated whether pseudo-experimental data produced with ischemic or healthy conductivities in the forward analysis makes a difference in accurately locating the ischemic region. We have also evaluated different regularization approaches in that sense.

A forward analysis considering not only the ischemic TMP but also the ischemic conductivity is more realistic and expected to produce more accurate results. In that sense, models that take only the ischemic TMP into account should be more error prone. In a separate study, we have observed that the difference between these two approaches may reflect itself significantly on the estimated torso potentials. On the other hand, for an inverse study aimed at locating the ischemic region in the heart, the pseudo-experimental data sets created with these two approaches give almost identical ischemic regions in the heart. While the distribution and value of reconstructed TMP may differ when healthy or ischemic conductivities are used, the boundary of the transition zone between the healthy and ischemic regions (where TMP drops below -0.001 mV) seems unaffected by this factor. This issue can

be further evaluated for larger ischemic zones or in the case of multiple disjoint ischemic zones present.

All Tikhonov regularization methods and TSVD have been observed to be equally effective in locating the ischemic region in the heart. Consequently, it can be concluded that mathematically simpler approach such as mean value regularization may be preferable to more complex approaches such as TSVD.

References

- Barth, T. J., Keyes, D. E., & Roose, D. (2007). Computing the Electrical Activity in the Heart. In *Computing the Electrical Activity in the Heart*. <https://doi.org/10.1007/3-540-33437-8>
- Berrier, K. L., Sorensen, D. C., & Khoury, D. S. (2004). Solving the inverse problem of electrocardiography using a Duncan and Horn formulation of the Kalman filter. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 51(3), 507–515.
- Carmeliet, E. (2017). Cardiac Ionic Currents and Acute Ischemia: From Channels to Arrhythmias. *Physiological Reviews*, 79(3), 917–1017. <https://doi.org/10.1152/physrev.1999.79.3.917>
- Chamorro-Servent, J., Dubois, R., & Coudière, Y. (2018). Exploring Possible Choices of the Tikhonov Regularization Parameter for the Method of Fundamental Solution in Electrocardiography. *2017 Computing in Cardiology Conference (CinC)*, 44, 4–7. <https://doi.org/10.22489/cinc.2017.056-347>
- Cheng, L. K., Bodley, J. M., & Pullan, A. J. (2003). Comparison of potential- and activation-based formulations for the inverse problem of electrocardiology. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 50(1), 11–22. <https://doi.org/10.1109/TBME.2002.807326>
- Cimponeriu, A., Starmer, C. F., & Bezerianos, A. (2001). A theoretical analysis of acute ischemia and infarction using ECG reconstruction on a 2-D model of myocardium. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 48(1), 41–54. <https://doi.org/10.1109/10.900247>
- Engl, H. W., Hanke, M., & Neubauer, A. (1996). *Regularization of inverse problems* (Vol. 375). Springer Science & Business Media.
- Groetsch, C. W., & Groetsch, C. W. (1993). *Inverse problems in the mathematical sciences* (Vol. 52). Springer.
- Hou, Z. Y., & Jin, Q. N. (1997). Tikhonov regularization for nonlinear ill-posed problems. *Nonlinear Analysis, Theory, Methods and Applications*, 28(11), 1799–1809. [https://doi.org/10.1016/S0362-546X\(95\)00235-N](https://doi.org/10.1016/S0362-546X(95)00235-N)
- Johnson, & MacLeod, R. S. (2012). Adaptive Local Regularization and Adaptive Methods for the Inverse Problem. *Biomedical and Life Physics*, 69, 223–233. https://doi.org/10.1007/978-3-322-85017-1_21
- Johnston. (2005). The effect of simplifying assumptions in the bidomain model of cardiac tissue: Application to ST segment shifts during partial ischaemia. *Mathematical Biosciences*, 198(1), 97–118. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2005.06.002>
- Johnston Peter R. (2018). How Accurately Can the Method of Fundamental Solutions Solve the Inverse Problem of Electrocardiology? *2017 Computing in Cardiology Conference (CinC)*, 44, 1–4. <https://doi.org/10.22489/cinc.2017.244-040>
- Li, D., Li, C. Y., Yong, A. C., & Kilpatrick, D. (1998). Source of electrocardiographic ST changes in subendocardial ischemia. *Circulation Research*, 82(9), 957–970.
- MacLachlan, M. C., Nielsen, B. F., Lysaker, M., & Tveito, A. (2006). Computing the size and location of myocardial ischemia using measurements of ST-segment shift. *IEEE Transactions on Biomedical*

Engineering, 53(6), 1024–1031.

- MacLachlan, M. C., Sundnes, J., & Lines, G. T. (2005). Simulation of ST segment changes during subendocardial ischemia using a realistic 3-D cardiac geometry. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 52(5), 799–807. <https://doi.org/10.1109/TBME.2005.844270>
- MacLachlan, M. C., Sundnes, J., Skavhaug, O., Lysaker, M., Nielsen, B. F., & Tveito, A. (2007). A linear system of partial differential equations modeling the resting potential of a heart with regional ischemia. *Mathematical Biosciences*, 210(1), 238–252. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2007.04.005>
- MacLeod, R. S., Shome, S., Stinstra, J., Punske, B. B., & Hopenfeld, B. (2005). Mechanisms of ischemia-induced ST-segment changes. *Journal of Electrocardiology*, 38(4 SUPPL.), 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2005.06.095>
- Nielsen, Bjorn Fredrik, Lysaker, M., & Grottum, P. (2013). Computing ischemic regions in the heart with the bidomain model - First steps towards validation. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 32(6), 1085–1096. <https://doi.org/10.1109/TMI.2013.2254123>
- Nielsen, Bjørn Fredrik, Lysaker, M., & Tveito, A. (2007). On the use of the resting potential and level set methods for identifying ischemic heart disease: An inverse problem. *Journal of Computational Physics*, 220(2), 772–790. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2006.05.040>
- Oster, H. S., & Rudy, Y. (1992). The Use of Temporal Information in the Regularization of the Inverse Problem of Electrocardiography. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 39(1), 65–75. <https://doi.org/10.1109/10.108129>
- Rudy, & Oster, H. (1997). Regional regularization of the electrocardiographic inverse problem: A model study using spherical geometry. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 44(2), 188–199. <https://doi.org/10.1109/10.552248>
- Ruud, T. S., Nielsen, B. F., Lysaker, M., & Sundnes, J. (2009). A computationally efficient method for determining the size and location of myocardial ischemia. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 56(2), 263–272. <https://doi.org/10.1109/TBME.2008.2009068>
- Shahidi, A. V., Savard, P., & Nadeau, R. (1994). Forward and Inverse Problems of Electrocardiography: Modeling and Recovery of Epicardial Potentials in Humans. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 41(3), 249–256. <https://doi.org/10.1109/10.284943>
- Shaw, R. (2002). Electrophysiologic effects of acute myocardial ischemia: a theoretical study of altered cell excitability and action potential duration. *Cardiovascular Research*, 35(2), 256–272. [https://doi.org/10.1016/s0008-6363\(97\)00093-x](https://doi.org/10.1016/s0008-6363(97)00093-x)
- Shou, G., Xia, L., Jiang, M., Wei, Q., Liu, F., & Crozier, S. (2008). Truncated total least squares: a new regularization method for the solution of ECG inverse problems. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 55(4), 1327–1335.
- Stinstra, J. G., Hopenfeld, B., & Macleod, R. S. (2004). Using models of the passive cardiac conductivity and full heart anisotropic bidomain to study the epicardial potentials in ischemia.

The 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2, 3555–3558.

Throne, R. D., Olson, L. G., & Hrabik, T. J. (1999). A comparison of higher-order generalized eigensystem techniques and tikhonov regularization for the inverse problem of electrocardiography * . *Inverse Problems in Engineering*, 7(2), 143–193. <https://doi.org/10.1080/174159799088027691>

Tuboly, G., Kozmann, G., & Maros, I. (2015). Computational aspects of electrocardiological inverse solutions. *IFAC-PapersOnLine*, 28(20), 48–51. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.10.113>

Wang. (2012). *Finite Element Solutions to Inverse Electrocardiography*. December.

Wu, Z., Bian, S., Xiang, C., & Tong, Y. (2013). A New Method for TSVD Regularization Truncated Parameter Selection. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2013/161834>

Bit Prediction on Keccak-[200] Cryptographic Function with LSTM Neural Network

Melike KARATAY¹

Aybars UĞUR²

Introduction

Deep learning, a field of machine learning, is the name given to all models and algorithms built on artificial neural networks. Deep learning is a learning method that enables us to achieve successful results thanks to its multiple layers using non-linear transformations (LeCun et al., 2015: 436-444).

Cryptanalysis is the name given to the methods that analysis the security of the system with the analysis made on the algorithm of an encryption system. The attacks that are not dealt with the algorithm of the encryption system and are made to the encryption system through trial and error are called brute-force attacks. In recent years, many cryptanalysis and brute-force attack studies have been conducted on cryptographic systems using deep learning methods. These studies have shown that deep learning methods are successful in measuring the security levels of cryptographic systems. Besides, the security of the so-called random number generators needed in all areas of cryptology is extremely important. Because so-called random number generators are often used in cryptography for key generation. The key is the most important part of a cryptographic system.

In cryptology, hash functions are often used as the so-called random number generator. In 2015, Secure Hash Algorithm-3 (SHA-3), also known as Keccak, has been accepted as standard for hash functions by America National Institute Standard of Technology (NIST). While Keccak produces fixed-length outputs like other hash functions, the function that uses the Keccak algorithm but produces extendable hash outputs is called Shake (Dworkin, 2015). In this study, we tried to predict the hidden bits of the outputs, called capacity obtained by using the Keccak function, by using LSTM neural network.

Related Work

In (Jayachandiran and Kaminsky, 2018), lightweight cipher Simon's cryptanalysis was made using artificial neural networks. In the Simon system, the input message is split into 32-bit blocks. Besides, secret key length is 64-bit. It was tried to guess the key used by teaching the encrypted texts corresponding to the texts open to the artificial neural network. These operations are stuck on the one and two round of the Simon cipher, using Python's Keras library. Artificial neural network is trained with 5 million plaintext-ciphertext pairs and 1000 keys are used. That is, the 5000 keys are used to encrypt plaintext. As a result, the accuracy of one round Simon cipher in the key prediction ranges from 60% to 70%, the two round of Simon cipher in the key prediction ranges from 50% to 60%.

¹ M.Sc., Ege University, Computer Sciences, Orcid: 0000-0001-6941-4752

² Professor, Ege University, Computer Engineering, Orcid: 0000-0003-3622-7672

In (Truong et al., 2018:403-414), the effect of classical noise, which is a type of random number generators, which have a great importance in the field of cryptology, has been investigated with the help of artificial neural network that endangers the security of random number generators. The dataset was collected from a quantum random number generator. The recurrent convolutional neural network is used to reveal the patterns between the random numbers generated by taking advantage of the numbers formed after the operations of the quantum random number generator to generate random numbers. In this system, which tries to predict the random number to be produced next, the accuracy of the hardware producing the random number has also been measured. The training set consists of 5 million integers of 13-bit length. The test set consists of 1 million samples. Accuracy is measured by comparing the output obtained with deep learning to the other possible output.

Stream ciphers are widely used in cryptology. Machine learning methods were used to find the basic patterns in the secret key used in stream cipher in (Kant et al., 2009:251-258). For both Linear Feedback Shift Register (LFSR) and Geffe Generator, next bits have been predicted. Two experiments were carried out. In the first experiment, 300,000 of 500,000 keystream bits were used for training and 200,000 for testing. The desired accuracy was not achieved as a result of this experiment. Then, machine learning methods were trained with 18,000,000 data and tested with 2,000,000 data using selected stream cipher. As a result, accuracy was achieved between 49.6% and 50.3%.

In (Alani, 2012:637-646), cryptanalytic attack was made to DES and Triple-DES using artificial neural networks. In this study, a neural network based cryptanalysis was performed on both systems using 211 plaintext-ciphertext pairs for DES, 212 plaintext-ciphertext pairs for Triple-DES. In this attack, an attempt was

made to predict plaintext from ciphertext. The attack was partial for both systems. One of the most important details here is that an attack with neural network has achieved accuracy with less plaintext-ciphertext pairs compared to other cryptanalysis methods.

In (Albassal and Wahdan, 2004:231-237), the authors made the cryptanalysis of the Feistel block cipher using neural networks. Encryption was made using the Feistel block cipher, and the plaintext-ciphertext pairs created were used as training data for the neural network. Then, by giving plaintext-ciphertext pairs to the trained network, the bits of the key used are tried to be predicted. The attack for 2 and 3 round of Feistel cipher was successful. A hidden layer has been added to the neural network for 4 round of Feistel cipher.

The authors classified the cryptosystem in (Chandra and Varghese, 2007:312-314) using Cascade Correlation Neural Network. Three datasets were created from RC6 and SEAL cryptographic systems. Classification accuracy on these datasets varies between 90.9% and 93%. Two hidden layers are used. The same datasets were processed using gradient descent back propagation and the successes of the two neural networks were compared. Cascade Correlation Neural Network has yielded more successful results.

Keccak Algorithm

The SHA-3 (Secure Hash Algorithm-3), also known as Keccak, is permutation-based, unlike other standardized hash functions. SHA-3 contains six functions: SHA3-224, SHA3-256, SHA3-384, SHA3-512, SHAKE128, SHAKE256. Keccak consists of two parameters which called r (bitrate) and

c (capacity), and $r + c$ determines the permutation size. In addition, the capacity value is the security parameter. Keccak has an iterative structure consisting of round and the number of round is determined by the permutation length. The round function includes five steps: ι , χ , π , ρ and θ .

If the input message is not a multiple of r -bit length, the multi padding rule is applied as in SHA-3. Since Keccak has a Sponge construction, the hash value is created in two phases called absorbing and squeezing. Absorbing is the phase where the input is divided into r -bit blocks and these blocks are processed by Keccak permutation. Squeezing is the phase where the hash output is generated, and the output size is set at this phase. The absorbing and squeezing phases are shown in Fig. 1.

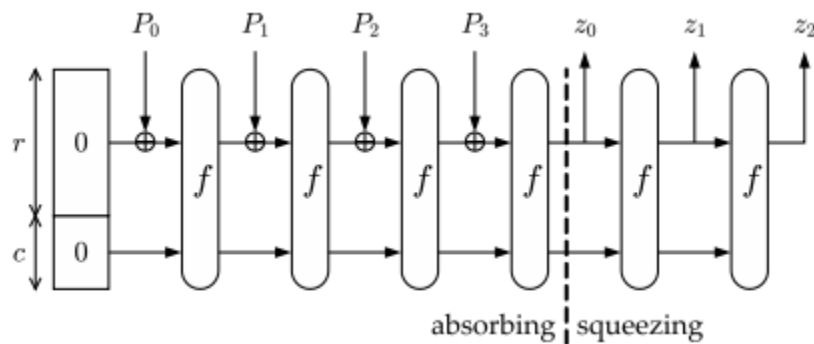


Figure 1 - Sponge Construction (Guido et al., 2011)

In SHA-3, the permutation length is 1600-bits. Other parameters are $r = 1088$ -bits and $c = 512$ -bits due to $b = r + c$. ι , χ , π , ρ and θ step operations are repeated for 24-round in SHA-3. The bits to be processed with Keccak permutations are represented by a three-dimensional structure called the state. In SHA-3, the state is indicated by $a[i, j, k]$ and its size is $5 \times 5 \times 64$. i, j, k indicate the bit positions on the state. Indices start from 0 in all Keccak step operations (Bertoni et al., 2009:320-337). Keccak round steps as $i \in 5, j \in 5, k \in 2^l$, p is parity, RC is round constants are as follows. In addition, value t is calculated as follows;

$$\begin{aligned}
 (i, j) &= (3 \ 2; 1 \ 0)t \ (0 \ 1) \text{ for all } 0 \leq t < 24. \\
 \theta : a[i, j, k] &\leftarrow a[i, j, k] \oplus p(a[i, j-1, k]) \oplus p(a[i, j+1, k-1]) \quad (1) \\
 \rho : a[i, j, k] &\leftarrow a[i, j, k-(t+1)(t+2)/2] \quad (2) \\
 \pi : a[j, 2i+3j] &\leftarrow a[i, j] \quad (3) \\
 \chi : a[i, j, k] &\leftarrow a[i, j, k] \oplus (\neg a[i, j+1, k] \ll a[i, j+2, k]) \quad (4) \\
 \iota : a[0, 0] &\leftarrow a[0, 0] \oplus RC \quad (5)
 \end{aligned}$$

Although the size of the Keccak permutation in SHA-3 is 1600-bit, besides, the permutation can have the size of 25, 50, 100, 200, 400, 800 bits. The size of the Keccak permutation is related to the word size w and value $l \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$. In addition, the number of rounds in Keccak is

determined by the equation $2l + 12$. For this reason, as the permutation size increases, the number of rounds and the word size increase.

Method And Evaluation

Recurrent Neural Networks (RNN) are used in sequence modeling and time series. In other words, RNN allows using previous outputs of the program as inputs. Some of the advantages of RNN are to processing any length of inputs, model size is independent of the input size, calculate previous data, and weights shared over time (Staudemeyer and Morris, 2019). Also, one version of RNN is Long Short Term Memory (LSTM) networks are making it easy to remember historical data in memory. On the other hand, the disappearing gradient problem of RNN is solved thanks to LSTM. Deep Learning models are more successful than classical machine learning approach under certain conditions. Because of these features, LSTM was chosen.

Convolutional Neural Networks (CNN) is a networks suitable for processing spatial data such as images, videos. It uses perceptrons to analyze data. CNN takes fixed-length input and generates fixed-length output. LSTM is a more suitable neural network for cryptographic random number generator analysis, as both input and output lengths are variable and more useful in sequence analysis. Therefore, the analysis of random numbers generated by the Keccak algorithm will be done with LSTM.

In this study, step operations of Keccak algorithm were applied on 50000 different inputs to create the dataset. The first column of the dataset consists of 200-bit length hash function inputs. The second column is the outputs of Keccak step operations, which are created by applying only one round on the given input. The third column in the dataset is the bits in the capacity part of the output generated in the second round of Keccak step operations. All operations were performed on Keccak whose permutation length is 200-bit. Keccak step operations encoded in Python programming language are applied 2-round to randomly generated bit sequences and the results are recorded in the text file. Step 1 used to break symmetry is ignored.

The dataset obtained was taught to the LSTM network. The entries that make up the first column in the dataset are used as labels in the LSTM network. The encrypted 200-bit length data in one round in the second column and the 72-bit length capacity part of the output generated in the second round are given to the LSTM network. The arbitrary length random bit sequence i_1 is the input of the Keccak hash function. i_2 is a 200-bit length sequence obtained after 1-round Keccak step operations. The 72-bit length capacity part of the output obtained after 2-round Keccak step operations is i_3 and the predicted 72-bit length sequence is o . The basic scheme with these parameters is shown in Fig. 2. In the sequence to sequence model, the input is processed by the encoder LSTM (E) and the output is generated by the decoder LSTM (D).

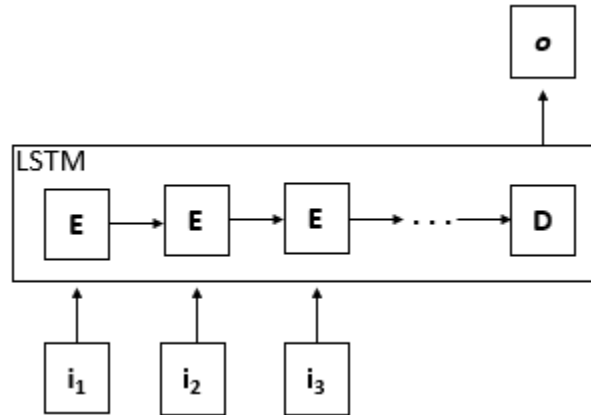


Figure 2- Basic structure of proposed bit prediction model

The program is written in Python 3.7 programming language and Keras, TensorFlow and Numpy libraries are used. The batch size value determined is 64, the number of epochs is 200 and the number of samples in the dataset is 40000 in the training. 10000 data were used for the test. In addition, the experiments were run for 256 units with basic LSTM neural network and Softmax was used as an activation function. The neural network used contains a single LSTM layer followed by fully-connected layer with a neuron.

In LSTM networks, a problem is that the dimensions of the input string and the output string are the same length. This problem was solved with the sequence-to-sequence model. Our aim is to predict the hidden bits of the output obtained in the second round from the output obtained in the first round. So our second data has a shorter length than our first data. For this reason, the sequence-to-sequence model is the most suitable model (Edunov et al., 2017).

The learning process of the LSTM network was completed, the results were tested with 10000 test data and 74% success was achieved. The Python program was run on the computer with Windows 10 operating system, Intel i5-10210U CPU, Intel UHD620 GPU and 16 Gb RAM. The network worked for a total of 26 hours.

While 40000 data is taught to the LSTM network, the validation loss value in the first epoch is 0.6992 and the validation accuracy value is 0.5692. These values are 0.4860 and 0.6953, respectively, in the twenty-fifth epoch. In the fiftieth epoch, the loss value is 0.4565 and the accuracy value is 0.7098. The loss and accuracy values of some epochs are given in Table 1.

Table 1 - Loss And Accuracy Values Following Epoch

Epoch Number	Loss Value	Accuracy Value
1	0.6992	0.5692
10	0.5757	0.6411
20	0.5021	0.6873
30	0.4758	0.7006
40	0.4630	0.7063
50	0.4565	0.7098
60	0.4521	0.7129
70	0.4482	0.7159
80	0.4452	0.7187
90	0.4422	0.7218
100	0.4398	0.7244
110	0.4387	0.7254
120	0.4363	0.7278
130	0.4335	0.7298
140	0.4324	0.7321
150	0.4299	0.7344
160	0.4287	0.7363
170	0.4273	0.7382
180	0.4251	0.7403
190	0.4238	0.7423
200	0.4234	0.7440

The accuracies were calculated after every ten epochs of training the dataset. The accuracy value increases as fast as the 30th epoch and loss value decreases rapidly until the 30th epoch. Then this rate of increase and decrease slows down. After 180th epoch, the accuracy value continues to be approximately 74%. The loss and accuracy graph for 200 epochs is given in Fig. 3. Experiments were carried out by changing the number of units, but no tangible improvement in accuracy was observed.

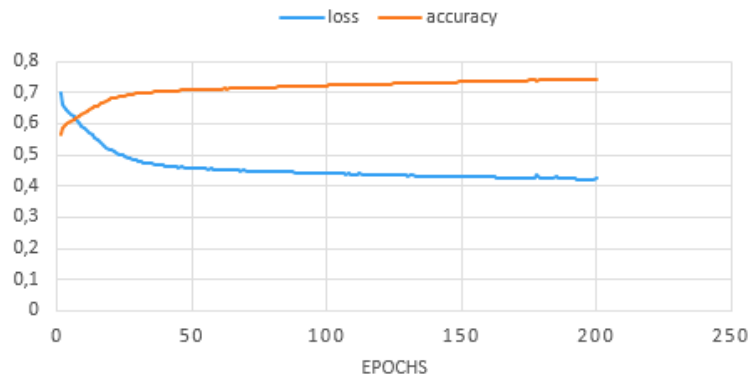


Figure 3- Loss and Accuracy Values Following Epoch

This study, which has been made considering the hash functions used in key generation, can be compared with machine learning methods that make the key prediction of crypto-systems in the literature. When similar works that predict bits on cryptographic systems are examined in the literature, the general accuracy value varies between 50% and 70%. For example, in (Jayachandiran and

Kaminsky, 2018), 2-round key predict was made on Simon cipher and maximum 60% accuracy was achieved. In another similar work (Kant et al., 2009:251-258), key prediction was made on stream cipher and 50.3% accuracy was achieved. Key prediction involves a similar approach, although not very close to our work. Because the keys of cryptographic systems are generated by random number generators. In another work in (Chandra and Varghese, 2007:312-314), using machine learning methods for RC6 and SEAL cryptographic systems, up to 93% accuracy was achieved with Cascade Correlation Neural Network.

Conclusion

Recently, neural cryptanalysis is a frequently used method. In this study, 2-round analysis of 200-bit permutation of Keccak algorithm was performed. Capacity bits, which are the security bits of Keccak algorithm, were predicted by using LSTM network. Sequence-to-sequence model is used because the input and output lengths are different. As a result of this study, 74% accuracy was achieved in the prediction model with the LSTM network. In future work, using hyperparameter optimization techniques is planned for improving performance.

References

- Alani, M. M. (2012, November). Neuro-cryptanalysis of DES and triple-DES. In International Conference on Neural Information Processing (pp. 637-646). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Albassal, A. M., & Wahdan, A. M. (2004, September). Neural network based cryptanalysis of a feistel type block cipher. In International Conference on Electrical, Electronic and Computer Engineering, 2004. ICEEC'04. (pp. 231-237). IEEE.
- Bertoni, G., Daemen, J., Peeters, M., & Van Assche, G. (2009). Keccak specifications. Submission to nist (round 2), 320-337.
- Chandra, B., & Varghese, P. P. (2007). Applications of cascade correlation neural networks for cipher system identification. World Academy of Science, Engineering and Technology, 26, 312-314.
- Dworkin, M. J. (2015). SHA-3 standard: Permutation-based hash and extendable-output functions.
- Edunov, S., Ott, M., Auli, M., Grangier, D., & Ranzato, M. A. (2017). Classical structured prediction losses for sequence to sequence learning. arXiv preprint arXiv:1711.04956.
- Guido, B., Joan, D., Michaël, P., & Gilles, V. A. (2011). Cryptographic sponge functions.
- Kant, S., Kumar, N., Gupta, S., Singhal, A., & Dhasmana, R. (2009, December). Impact of machine learning algorithms on analysis of stream ciphers. In 2009 Proceeding of international conference on methods and models in computer science (ICM2CS) (pp. 251-258). IEEE.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. nature, 521(7553), 436-444.
- Liu, G., Lu, J., Li, H., Tang, P., & Qiu, W. (2021, April). Preimage Attacks Against Lightweight Scheme Xoodyak Based on Deep Learning. In Future of Information and Communication Conference (pp. 637-648). Springer, Cham.
- Staudemeyer, R. C., & Morris, E. R. (2019). Understanding LSTM--a tutorial into Long Short-Term Memory Recurrent Neural Networks. arXiv preprint arXiv:1909.09586.
- Truong, N. D., Haw, J. Y., Assad, S. M., Lam, P. K., & Kavehei, O. (2018). Machine learning cryptanalysis of a quantum random number generator. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 14(2), 403-414.

Derin Geçitli Yinelemeli Ünite ve Uzun Kısa Süreli Bellek Tabanlı Anomali Tespit Tekniği

Merve Begüm TERZİ

I. GİRİŞ

Geleneksel süreç izleme teknikleri, verilerdeki anomalileri tespit etmek amacıyla bir zaman penceresi boyunca kümülatif toplam ve üssel ağırlıklı hareketli ortalama gibi istatistiksel ölçümler kullanmaktadır [1]. Bu tekniklerde, zaman penceresinin uzunluğunun önceden belirlenmesi gerekmekte ve sonuçlar büyük ölçüde bu parametreye bağlı olmaktadır.

Yinelemeli sinir ağlarının (RNN) gelişmiş varyantları olan GRU ve LSTM ağları, RNN'ler tarafından karşılaşılan kaybolan gradyan probleminin üstesinden gelmek amacıyla sürekli hata akışını sağlayan çarpımsal geçit mekanizmaları kullanmaktadır [2]. Değişen uzunlukta örüntüler içeren karmaşık çok değişkenli zaman dizilerindeki uzun vadeli bağımlılıkları öğrenme ve uzun süre hafıza koruyabilme yetenekleri sayesinde önceden belirlenmiş zaman penceresi ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Yinelemeli gizli katmanların ardışık olarak yığılması sonucu oluşturulan derin GRU ve LSTM ağları ise zaman dizisi verilerinin farklı zaman ölçeklerinde işlenebilmesini ve daha zengin zamansal öznitelikler kümesi elde edilmesini sağlamaktadır.

EKG sinyallerini kullanarak kardiyovasküler hastalıkların teşhisini gerçekleştirmek için literatürde önerilen teknikler, kendi kendini organize eden haritalar (SOM) [3], otoregresif modelleme [4], bulanık c-means kümeleme [5], çok katmanlı algılayıcılar (MLP) [6], RBF sinir ağları [7], destek vektör makineleri (DVM) [8] ve zaman serisi yenilik tespit teknikleridir [9]. Bu teknikler, ön işleme metodlarının uygulanmasını, zaman-frekans özniteliklerinin çıkarılmasını ve sınıflandırıcı tasarlanmasını gerektirmektedir. Ayrıca, bu tekniklerin gürbüz şekilde çalışmaları için çeşitli kardiyovasküler hastalıkların yol açtığı farklı EKG anomali türlerini içeren veri kümeleri ile eğitilmeleri gerekmektedir. Ancak, farklı EKG anomali türlerinin hepsi için etiketli veriler her zaman mevcut olmamaktadır. Bu nedenle, tekniğin eğitildiği veri kümesinde bulunmayan diğer anomali türlerini de tespit edebilen genelleme kabiliyeti yüksek bir anomali tespit tekniği geliştirilmesi hedeflenmelidir.

II. YÖNTEM

Bu çalışmada, sağlıklı deneklerden elde edilen EKG zaman dizilerinin normal davranışları yığılmış RNN, GRU ve LSTM ağlarıyla modellenerek, gürbüz kestirim modelleri geliştirilmiş ve normal

¹ İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

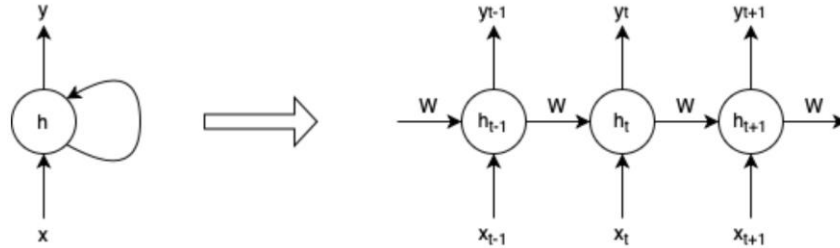
davranıştan sapmalar kestirim hataları ve Gauss tabanlı istatistiksel anomali tespit tekniği kullanılarak tespit edilmiştir. Böylece, EKG zaman dizilerindeki anomalilerin gürbüz tespitini gerçekleştirerek, kardiyovasküler hastalıkların güvenilir teşhisini sağlayan bir teknik geliştirilmiştir.

A. Veri Tabanı

Önerilen tekniğin geliştirilmesi sırasında, koroner arter hastalığı (MI), kalp yetmezliği (HF), kardiyak aritmi (CA) tanısı konulan hastalardan ve sağlıklı gönüllülerden elde edilen ham EKG kayıtlarını içeren PTB-EKG veri tabanı kullanılmıştır [10]. Veri tabanı, geniş bantlı EKG verilerindeki anomalileri araştırmak amacıyla Benjamin Franklin Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Ana Bilim Dalı tarafından yürütülen klinik araştırma çalışması kapsamında oluşturulmuştur. Açık erişimli EKG veri tabanları arasında en fazla çeşitlilikte anomali türünü içeren veri tabanıdır ve hastaların koroner arter patolojileri ile ilgili detaylı klinik bilgiler içermektedir. Veri tabanındaki tüm kayıtlar Kardiyoloji Anabilim Dalı uzmanları tarafından etiketlenmiştir. Kayıtların sayısallaştırılması sırasında, yüksek çözünürlüğe sahip sinyallerin elde edilmesi için 10 kHz örnekleme frekansı, 16-bit örnekleme çözünürlüğü ve 0.5 μV genlik çözünürlüğü kullanılmıştır.

B. Yinelemeli Sinir Ağı Mimarisi

Geleneksel RNN'ler, girdinin veya çıktının değişken uzunlukta olabildiği zamansal bağımlılıkları olan sıralı zaman dizileri içeren makine öğrenmesi problemlerinde kullanılmaktadır [11]. Her bir zamandaki aktivasyonu önceki zamanın aktivasyonuna bağlı olan yinelemeli gizli durumları nedeniyle, değişken uzunluktaki zaman dizilerini yüksek başarımla öğrenebilen geleneksel ileri beslemeli sinir ağlarının uzantısını oluşturmaktadır. RNN'lerin her yinelemeli katmanı Şekil 1'deki gibi zaman boyunca açılarak, aynı parametreleri paylaşan eşdeğer bir ileri beslemeli ağı dönüştürülebilir.



Şekil 1: RNN'nin yapısı [11].

Zaman dizisi girdisi $x = (x_1, x_2, \dots, x_T)$ için RNN yinelemeli gizli durumunu h_t aşağıdaki gibi güncellemektedir. Burada, \tanh hiperbolik tanjant fonksiyonunu, W_{hx} , W_{hh} , W_{yh} ağırlık matrislerini, b_h , b_y önyargı vektörlerini ve ϕ doğrusal ağ çıkışı aktivasyon fonksiyonunu ifade etmektedir.

$$h_t = \tanh(W_{hx} x_t + W_{hh} h_{t-1} + b_h)$$

$$y_t = \phi(W_{yh} h_t + b_y)$$

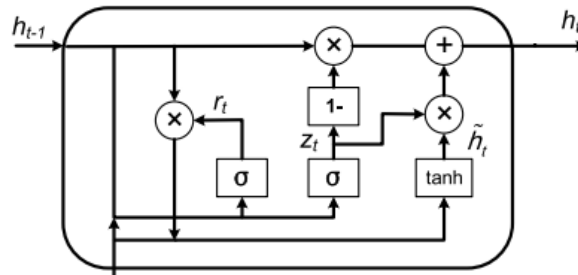
RNN'in dezavantajı, geri yayılım sırasında katmanlar boyunca geriye doğru giderken gradyan değerlerinin azalmasından kaynaklanan kaybolan gradyan problemi nedeniyle bilgi kaybı olması ve uzun vadeli bağımlılıkları öğrenememesidir. Kaybolan gradyan problemine ve kısa dönemli hafızaya çözüm olarak, gizli durum bilgilerini uzun süre koruyabilen ve olaylar arasında uzun süreli gecikmeler olan verilerde yüksek başarımlı gösterebilen GRNN'ler önerilmiştir [11].

C. Geçitli Yinelemeli Ünite Ağı Mimarisi

GRU ağlarında, kaybolan gradyan problemini çözmek, gizli durum bilgilerini korumak ve verilerdeki uzun vadeli bağımlılıkları öğrenmek amacıyla bilgi akışını kontrol eden yapay sinir ağları olan geçit birimleri bulunmaktadır [12]. GRU ağlarına, önceki gizli durumunu h_{t-1} silmesini sağlayan sıfırlama geçidi r ve mevcut gizli durumunu yeni gizli durum \tilde{h}_t ile güncellemesini sağlayan güncelleme geçidi u olacak şekilde iki geçit eklenmiştir. Ağın eğitimi sırasında aşağıdaki denklemler yinelemeli olarak kullanılarak, ağın aktivasyonları hesaplanır ve girdi dizisinden çıktı dizisine $y = (y_1, y_2, \dots, y_T)$ haritalama gerçekleştirilir.

$$\begin{aligned} u_t &= \sigma(W_{ux} x_t + W_{uh} h_{t-1} + b_u) \\ r_t &= \sigma(W_{rx} x_t + W_{rh} h_{t-1} + b_r) \\ h_t &= (1 - u_t) \odot h_{t-1} + u_t \odot \tilde{h}_t \\ \tilde{h}_t &= \tanh(W_{hx} x_t + W_{hh} (r_t \odot h_{t-1}) + b_h) \\ y_t &= \phi(W_{yh} h_t + b_y) \end{aligned}$$

Burada, σ lojistik sigmoid fonksiyonunu, W_{ux} , W_{uh} , W_{rx} , W_{rh} , W_{hx} , W_{hh} , W_{yh} ağırlık matrislerini, b_u , b_r , b_h , b_y önyargı vektörlerini ifade etmektedir. \odot vektörlerin eleman bazında çarpımını ve ϕ doğrusal ağ çıkışı aktivasyon fonksiyonunu göstermektedir.



Şekil 2: İki çarpımsal geçitli GRU ağının yapısı [12].

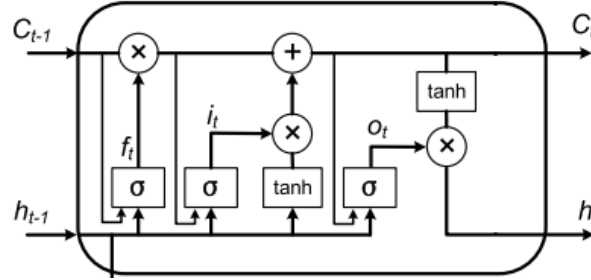
D. Uzun Kısa Süreli Bellek Ağı Mimarisi

LSTM ağlarının temel birimi, yinelemeli bağlantılara sahip birden çok hücresi bulunan ve bilgiyi saklamak amacıyla kullanılan bellek hücreleridir (c) [13]. LSTM ağlarına, mevcut bellek durumunu yeni bellek durumu c_t ile güncellemesi için giriş geçidi i , önceki bellek durumunu c_{t-1} unutması için

unutma geçidi f , mevcut bellek durumunu okuması için çıkış geçidi o olacak şekilde üç geçit eklenmiştir. Ayrıca, LSTM ağları gözetleme deliği bağlantılarını kullanarak, zaman aralıklarını hassas şekilde ölçmeyi öğrenebilmektedir. Ağın eğitimi sırasında aşağıdaki denklemler yinelemeli olarak kullanılarak, ağın aktivasyonları hesaplanır ve girdi dizisinden çıktı dizisine $y = (y_1, y_2, \dots, y_T)$ haritalama gerçekleştirilir.

$$\begin{aligned}
 i_t &= \sigma(W_{ix} x_t + W_{ih} h_{t-1} + W_{ic} c_{t-1} + b_i) \\
 f_t &= \sigma(W_{fx} x_t + W_{fh} h_{t-1} + W_{fc} c_{t-1} + b_f) \\
 o_t &= \sigma(W_{ox} x_t + W_{oh} h_{t-1} + W_{oc} c_{t-1} + b_o) \\
 c_t &= f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \tilde{c}_t \\
 \tilde{c}_t &= \tanh(W_{cx} x_t + W_{ch} h_{t-1} + b_c) \\
 h_t &= o_t \odot \tanh(c_t) \\
 y_t &= \phi(W_{yh} h_t + b_y)
 \end{aligned}$$

Burada, σ lojistik sigmoid fonksiyonunu, W_{ic} , W_{fc} , W_{oc} gözetleme deliği bağlantılarının köşegen ağırlık matrislerini ve b_i , b_f , b_o , b_c , b_y önyargı vektörlerini ifade etmektedir. \odot vektörlerin eleman bazında çarpımını, ϕ doğrusal ağ çıkışı aktivasyon fonksiyonunu göstermektedir.



Şekil 3: Üç çarpımsal geçitli LSTM ağının yapısı [13].

E. Geçitli Yinelemeli Sinir Ağlarının Eğitimi

Tek değişkenli $X = (\mathbf{x}^{(1)}, \mathbf{x}^{(2)}, \dots, \mathbf{x}^{(n)})$ zaman dizisindeki girdi değişkenlerini gösteren her $\mathbf{x}^{(t)} \in R^m$ noktası t zamanındaki m -boyutlu vektör $(x_1^{(t)}, x_2^{(t)}, \dots, x_m^{(t)})$ olarak ifade edilen EKG kaydını temsil etmektedir. Geliştirilen derin RNN, GRU ve LSTM tabanlı kestirim modelleri, m -boyutlu girdi değişkenlerinin gelecekteki l değerlerinin kestirimlerini öğrenmektedir. Bu nedenle, m -boyutların her biri için modellerin giriş katmanında bir düğüm bulunmaktadır. Kestirimler m -boyutlu girdi değişkenlerinin gelecekteki l değerleri için yapıldığından, modellerin çıktı katmanında $m \times l$ düğüm bulunmaktadır.

Geliştirilen modellerin eğitim, doğrulama ve test aşamalarında kullanılmak üzere tüm veri kümesi dört gruba ayrıştırılmıştır. Bu gruplar, sağlıklı deneklerden elde edilen normal EKG verilerini içeren

eğitim kümesi (tr_N) ve doğrulama kümesi (val_N), sağlıklı deneklerden ve hastalardan elde edilen normal ve anormal EKG verilerini içeren doğrulama kümesi (val_A) ve test kümesidir (te_A).

Bir, iki ve üç yinelemeli gizli katmana ve her katmanda değişen sayıda düğümlere sahip derin RNN, GRU ve LSTM ağlarının tr_N eğitim kümesi kullanılarak eğitilmesi sonucunda, EKG zaman dizilerinin gelecekteki zaman adımlarının gürbüz kestirimini öğrenen modeller geliştirilmiştir. Erken durdurma yöntemi ve val_N doğrulama kümesi kullanılarak, geliştirilen ağların parametreleri en iyilenmiş ve en yüksek başarıma sahip modeller seçilmiştir [14, 15].

F. Anomali Tespit Tekniği

Geliştirilen en iyilenmiş derin RNN, GRU ve LSTM modelleri kullanılarak, val_A doğrulama kümesinin kestirimi gerçekleştirilmiş ve kestirim hataları hesaplanmıştır. Bu amaçla, girdi vektörünün $\mathbf{x}^{(t)} \in X$ tüm $l < t < n - l$ değerleri için l kez kestirimi gerçekleştirilmiştir. $e_i^{(t)}$ değerinin $\hat{\mathbf{x}}^{(t)}$ ile $\hat{\mathbf{x}}^{(t-l)}$ arasındaki hata farkını gösterdiği durumda, $\mathbf{x}^{(t)}$ için kestirim hatası vektörü $\mathbf{e}^{(t)} = [e_1^{(t)}, \dots, e_l^{(t)}]$ hesaplanmıştır.

Kestirim hatası vektörlerine Çok Değişkenli Gauss Dağılımları $N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$ uydurulmuş ve En Büyük Olabilirlik Kestirimi (MLE) yöntemi kullanılarak, en iyilenmiş $\boldsymbol{\mu}$ ve $\boldsymbol{\Sigma}$ parametrelerinin kestirimleri gerçekleştirilmiştir [16, 17].

val_A doğrulama kümesindeki normal ve anormal değerleri ayıran en iyilenmiş τ ayırım eşik değeri, F_1 -skorunun en büyüklenmesiyle belirlenmiş ve te_A test kümesindeki anomalilerin gürbüz tespitini sağlamak amacıyla kullanılmıştır [18].

Optimum derin RNN, GRU ve LSTM modelleri kullanılarak, test kümesinin kestirimi gerçekleştirilmiş ve kestirim hatası vektörlerine Çok Değişkenli Gauss Dağılımlarının uydurulması sonucunda elde edilen olasılık dağılımları $p^{(t)}$ ile en iyilenmiş eşik değer τ kullanılarak, test kümesindeki normal (N) ve anormal (A) değerlerin sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir [19].

$$\theta(\mathbf{x}) = \begin{cases} \mathbf{x}^{(t)} \in A; & p^{(t)} < \tau \\ \mathbf{x}^{(t)} \in N; & p^{(t)} \geq \tau \end{cases}$$

Geliştirilen tekniklerin normal ve anormal verileri ayırt etme başarımlarını ölçmek amacıyla F_1 -skoru, pozitif tahmin değeri (PPV), isabet oranı (TPR) ve yanlış alarm oranı (FPR) aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$F_1 = 2 \frac{PPV \cdot TPR}{PPV + TPR}$$

$$PPV = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN}$$

III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Geliştirilen derin RNN, GRU ve LSTM ağları ve Gauss tabanlı istatistiksel anomali tespit teknikleri kullanılarak, test kümesi üzerinde elde edilen başarımlar Tablo 1, 2 ve 3'de gösterilmiştir. Her bir tablo, iki gizli katmana ve her katmanda 20 düğüme sahip en iyilenmiş derin RNN, GRU, LSTM ağları ve üç farklı EKG anomali türü için bağımsız olarak hesaplanan başarımlarını göstermektedir. Geliştirilen tekniklerin test kümesi üzerinde elde edilen başarımlarının ve farklı çeşitlilikte EKG anomali türlerine genelleme kabiliyetlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Ayrıca, derin GRU ve LSTM ağlarının her üç EKG anomali türü için derin RNN ağlarına kıyasla daha yüksek başarımlara sahip oldukları görülmektedir. Geliştirilen tekniklerin anomali tespitinin en zor olduğu CA anomali türünde bile yüksek başarımlar gösterdikleri, en yüksek başarımların ise MI anomali türünde elde edildiği görülmektedir.

Tablo 1 – Derin RNN Tabanlı İstatistiksel Anomali Tespit Tekniği Başarımları (%)

Başarımlar Ölçütleri	RNN _{CA}	RNN _{HF}	RNN _{MI}
<i>PPV</i>	74.3	77.3	80
<i>TPR</i>	72.8	76.8	80.8
<i>FPR</i>	27.1	22.9	20.2
<i>F₁</i>	73.5	78.1	80.4

Tablo 2 – Derin GRU Tabanlı İstatistiksel Anomali Tespit Tekniği Başarımları (%)

Başarımlar Ölçütleri	GRU _{CA}	GRU _{HF}	GRU _{MI}
<i>PPV</i>	86.2	90.7	92.7
<i>TPR</i>	87.1	89.8	91.7
<i>FPR</i>	13.9	9.3	7.4
<i>F₁</i>	86.6	90.2	92.1

Tablo 3 – Derin LSTM Tabanlı İstatistiksel Anomali Tespit Tekniği Başarım Sonuçları (%)

Başarım Ölçütleri	LSTM _{CA}	LSTM _{HF}	LSTM _{MI}
<i>PPV</i>	89.1	92	95.1
<i>TPR</i>	88.2	91.1	94.2
<i>FPR</i>	11	8.2	5.1
<i>F₁</i>	88.7	91.5	94.6

Bu çalışmada, derin GRNN'lerin kaybolan gradyan probleminin üstesinden gelme yetenekleri sayesinde uzun vadeli bağımlılıklar içeren EKG zaman dizisi verilerinde anomali tespiti konusunda derin RNN'lere kıyasla daha yüksek başarıma ve genelleme kabiliyetine sahip oldukları gösterilmiştir. Ayrıca, yığılmış yinelemeli gizli katmanlara sahip derin LSTM ağı ve Gauss tabanlı istatistiksel anomali tespit tekniğinin PTB-EKG veri tabanı üzerinde en yüksek başarıma ve genelleme kabiliyetine sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle, geliştirilen tekniğin EKG zaman dizilerindeki üst seviye zamansal öznitelikleri veriyle ilgili ön bilgi sahibi olmadan daha seyrek temsillerle öğrenebildiği ve normal zaman dizisi davranışlarını gürbüz şekilde modelleyebildiği gösterilmiştir.

Literatürde önerilen EKG anomali tespit teknikleriyle kıyaslandığında, bu çalışmada geliştirilen derin öğrenme tabanlı istatistiksel anomali tespit tekniğinin daha yüksek başarıma ve genelleme kabiliyetine sahip olduğu görülmektedir [20]. Geliştirilen tekniğin diğer avantajları, doğrudan ham sinyaller üzerinde çalışması, veri ön işleme, öznitelik çıkarımı ve anomaliler hakkında ön bilgi gerektirmemesidir. Sonuç olarak, geliştirilen teknik, EKG zaman dizilerindeki anomalilerin gürbüz tespitini gerçekleştirerek, kardiyovasküler hastalıkların güvenilir teşhisini sağlamaktadır.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma, Bilkent Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Ajadi, J. O., & Riaz, M. (2017). Mixed multivariate EWMA-CUSUM control charts for an improved process monitoring. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 46(14), 6980-6993.
- [2] Khan, A., & Sarfaraz, A. (2019). RNN-LSTM-GRU based language transformation. *Soft Computing*, 23(24), 13007-13024.
- [3] Lee, M., Song, T. G., & Lee, J. H. (2020). Heartbeat classification using local transform pattern feature and hybrid neural fuzzy-logic system based on self-organizing map. *Biomedical Signal Processing and Control*, 57, 101690.
- [4] Ge, D., Srinivasan, N., & Krishnan, S. M. (2002). Cardiac arrhythmia classification using autoregressive modeling. *Biomedical engineering online*, 1(1), 1-12.
- [5] Haldar, N. A. H., Khan, F. A., Ali, A., & Abbas, H. (2017). Arrhythmia classification using Mahalanobis distance based improved Fuzzy C-Means clustering for mobile health monitoring systems. *Neurocomputing*, 220, 221-235.
- [6] M. B. Terzi and O. Arikan, "Detection of Myocardial Ischaemia by using ECG, Artificial Neural Network and Gaussian Mixture Model," *2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIU49456.2020.9302389.
- [7] Korürek, M., & Doğan, B. (2010). ECG beat classification using particle swarm optimization and radial basis function neural network. *Expert systems with Applications*, 37(12), 7563-7569.
- [8] Terzi, M. B., & Arikan, O. (2019, October). Coronary Artery Disease Detection by using Support Vector Machines and Gaussian Mixture Model. In *2019 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). IEEE.
- [9] Terzi, M. B., & Arikan, O. (2020, October). Anomaly Detection Technique Based on Sympathetic Nerve Activity for Detection of Cardiac Arrhythmia. In *2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.
- [10] Goldberger, A. L., Amaral, L. A., Glass, L., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. C., Mark, R. G., ... & Stanley, H. E. (2000). PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: components of a new research resource for complex physiologic signals. *Circulation*, 101(23), e215-e220.
- [11] Lynn, H. M., Pan, S. B., & Kim, P. (2019). A deep bidirectional GRU network model for biometric electrocardiogram classification based on recurrent neural networks. *IEEE Access*, 7, 145395-145405.
- [12] Shen, G., Tan, Q., Zhang, H., Zeng, P., & Xu, J. (2018). Deep learning with gated recurrent unit networks for financial sequence predictions. *Procedia computer science*, 131, 895-903.
- [13] Gers, F. A., Schraudolph, N. N., & Schmidhuber, J. (2002). Learning precise timing with LSTM recurrent networks. *Journal of machine learning research*, 3(Aug), 115-143.
- [14] Terzi, M. B., Korkmaz, M. K., Arikan, O., Topal, S., & Abaci, A. (2019). Detection of Myocardial Ischaemia based on Artificial Neural Networks and Skin Sympathetic Nerve Activity. *EasyChair*, (2165).
- [15] Terzi, M. B., Korkmaz, M. K., Arikan, O., Topal, S., & Abaci, A. (2019). Detection of Acute Myocardial Ischemia based on Artificial Neural Networks and Skin Sympathetic Nerve Activity. In *International Conference and Exhibition on Digital Transformation and Smart Systems (DTSS)*, Ankara (pp. 1-4).

- [16] M. B. Terzi and O. Arikan, "Detection of Ischaemia by using Nerve Activity, Artificial Neural Network and Gaussian Mixture Model", *18th National Neuroscience Congress (USK2020)*, Ankara, Turkey, 2020. <http://bad.org.tr/usk18/wp-content/uploads/2020/11/USK2020-bildiri-kitab%C4%B1.pdf>
- [17] Terzi, M. B., & Arikan, O. (2020). Detection of myocardial ischaemia by using sympathetic nerve activity, artificial neural network and Gaussian mixture model. *Anatomy: International Journal of Experimental & Clinical Anatomy*, 14.
- [18] Terzi, M. B. (2020, November). Detection of Myocardial Infarction using Autonomic Nervous System, Gaussian Mixture Model and Artificial Neural Network. In *2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). IEEE.
- [19] M. B. TERZİ and O. ARIKAN, "Detection of Cardiac Arrhythmia using Autonomic Nervous System, Gaussian Mixture Model and Artificial Neural Network," *2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)*, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/TIPTEKNO50054.2020.9299274.
- [20] Andrysiak, T. (2016). Machine learning techniques applied to data analysis and anomaly detection in ECG signals. *Applied Artificial Intelligence*, 30(6), 610-634.

Optimization of Interlayer Bond Strength of Additively Manufactured Polyamide Samples

Mümin TUTAR¹

Introduction

Additive manufacturing technologies are a serious evolution where the amount of usage is increasing exponentially. Fused Filament Fabrication (FFF), which is the material extrusion method, among additive production methods such as stereolithography (SLA), powder bed fusion, laser dintering, stands out as the method with the highest potential with its easiness, cheapness and availability even in every shopping mall. This technology, which was initially used in mold and prototype production, is finding an expanding area of use as it allows the use of a wide range of materials. Today, beyond basic materials such as PLA, ABS, engineering materials such as PA, PETG and PC, and even high-performance thermoplastics such as PEEK and PI can be used by the FFF method (Figure 1.) (Cano-Vicent et al., 2021; Khan, Joshi, & Deshmukh, 2021; Park & Fu, 2021; Redwood, Schöffner, & Garret, 2017; Sharafi, Santare, Gerdes, & Advani, 2021).

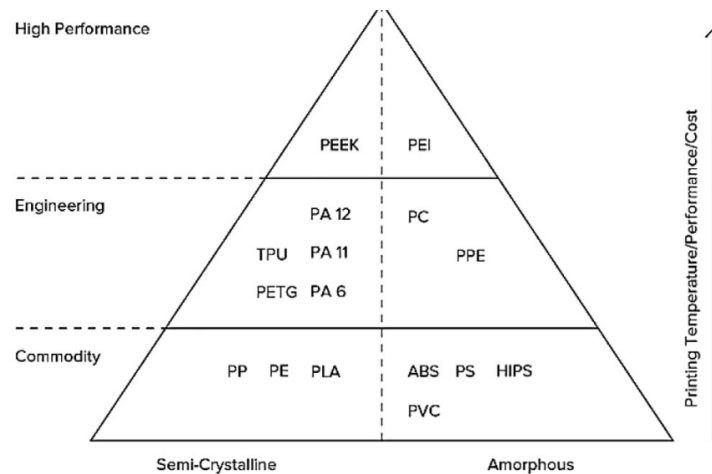


Figure 1. Materials used in FFF (Redwood et al., 2017)

FFF process starts with an idea and continues with the creation of the CAD data of that idea. The most important point here is that the part whose 3D drawing is created can be produced additively. Appropriate toolpaths are created for the CAD data saved in a suitable format for the slicer program (eg .stl) and sent to the machine in gcode format. Production parameters such as layer height, extrusion width, printing speed, nozzle temperature, table temperature determined in the slicing software play a decisive role on the mechanical properties of the final product. The summary of

¹ Assist. Prof. Dr., Turkish National Defense University, Technological Sciences Dept., mtutar@msu.edu.tr
Orcid: 0000-0002-7286-3433

production process with the FFF method is shown schematically in Figure 2. (Cano-Vicent et al., 2021; Wahab Hashmi, Singh Mali, & Meena, 2021).

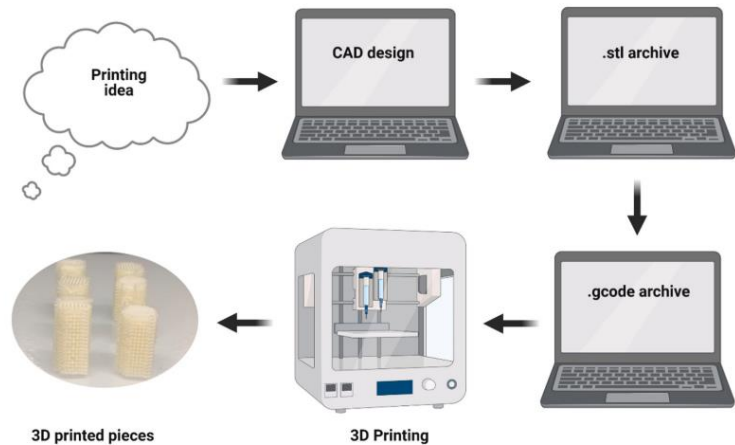


Figure 2. FFF production process (Cano-Vicent et al., 2021)

Although there are many studies on the mechanical properties of the parts produced by the FFF method, the number of studies on the bonding strength, which is the weakest direction, is very few (Candal et al., 2021; Doshi, Mahale, Kumar Singh, & Deshmukh, 2021; Kumar & Ranjan, 2021; Rodzeń, Harkin-Jones, Wegrzyn, Sharma, & Zhigunov, 2021; Sgrulletti, Bragaglia, Giarnetti, Paleari, & Nanni, 2021; Tutar, 2021; Weake, Pant, Sheroan, Haleem, & Kumar, 2020). On the other hand, these studies were mostly carried out using generic materials such as PLA and ABS. In this study, Polyamide (PA), an engineering material used in industry, was used as filament material. The effects of layer height, extrusion width and printing speed on the interlayer bond strength in the ZX direction, which is critical in terms of mechanical properties were investigated by Taguchi method.

Material And Method

In this study, high quality BASF Polyamide which is preferred for its mechanical properties and flexibility was used as filament material for sample production. Used filament diameter was 1.75 mm. It has a translucent, high impact and wear resistance, low flammability, and high distortion temperature, lightweight, easy malleability features; durable parts can be printed. However, the main disadvantages of Polyamide are that it is hygroscopic, it easily absorbs moisture, and hence it can cause quality problems.

In order to determine the bond strength, the cylindrical test specimens given in Figure 3 were modeled using the SolidWorks CAD software. After the created 3D CAD model was saved in stl format, it was imported into the slicer program (Simplify3D) and Gcodes were generated in this interface according to the production parameters and sent to the 3D printer. The manufactured samples were subjected to the tensile test in the universal testing device given in Figure 4. 3 samples for each parameter set were tested and the mean values were used for calculations. Obtained tensile load values were used for representing the bond strength. The lower and upper limits were determined

for the layer height, extrusion width and printing speed parameters that affect the bond strength, and a Taguchi table was created. Nozzle temperature, bed temperature and nozzle diameter were kept constant as 230 °C, 90°C and 0.4 mm, respectively. Sample productions were carried out using Creality Ender3 Pro brand 3D printer using the parameters in Table 1. created according to the Taguchi L9 table.

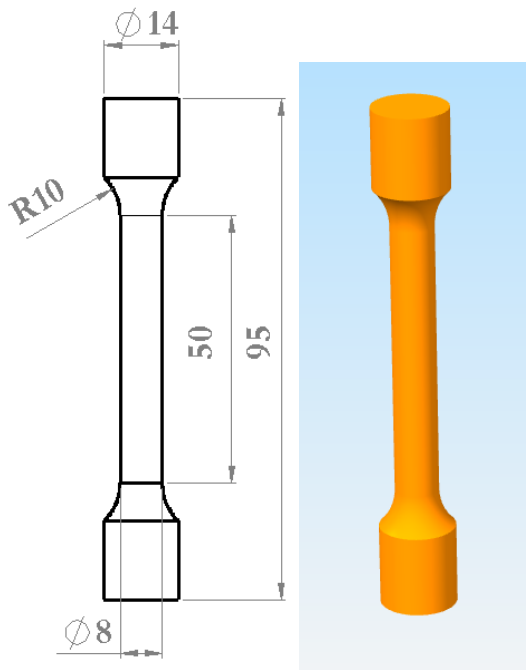


Figure 3. Tensile test sample

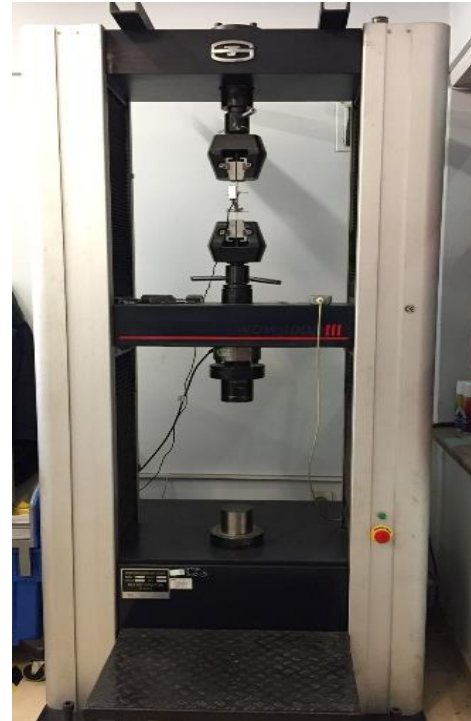


Figure 4. Universal testing machine

Table 1. The selected Taguchi orthogonal array with the assessed parameters and their levels

Sample No	Layer Height (mm)	Extrusion Width (mm)	Printing Speed (mm/s)
1	0.20	0.44	10
2	0.20	0.52	15
3	0.20	0.60	20
4	0.28	0.44	15
5	0.28	0.52	20
6	0.28	0.60	10
7	0.36	0.44	20
8	0.36	0.52	10
9	0.36	0.60	15

Optimization was performed using Taguchi method to maximize the tensile loads obtained from tensile tests and then, verification samples were produced with the predicted optimum parameter

levels. To analyze the effect of process parameters on the bond strength, Analysis of Variance (ANOVA) analysis was performed with the obtained values.

In addition, the produced samples were examined with a Celestron brand handheld digital microscope (Figure 5.) with the capacity up to 200x zoom and 5MP resolution, and the layer height and extrusion width values were verified.



Figure 5. Handheld digital microscope used for measuring layer height and extrusion width

Results And Discussion

Layer height and extrusion width values were measured and the obtained images are presented in Figure 6. As a result of the measurements, it has been seen that the parameters submitted to 3D printer are the same as the actual values. This can be considered as an indication that the printer performs the process parameters submitted for production, within its sensitivity, in an appropriate manner.

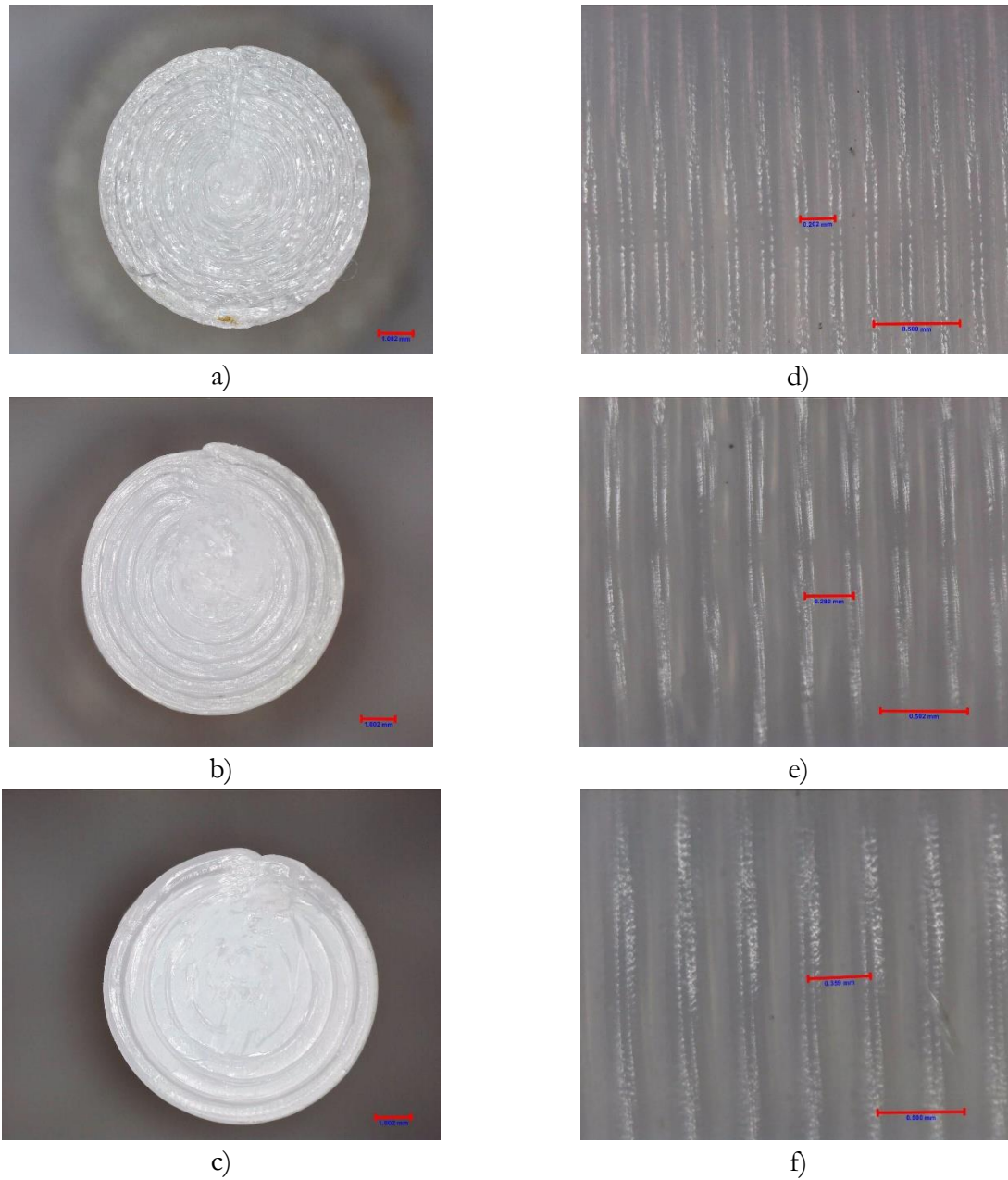


Figure 6. Extrusion width a)0.44mm, b)0.52mm and c)0.60mm Layer height d)0.20mm, e)0.28mm, f)0.36 mm

Nine tested samples representing each parameter set can be seen in Figure 7 a). Tensile test graph of samples having optimum parameter set is also shown in Figure 7 b). The mean tensile load values obtained from the tensile tests are given in Table 2 together with the related parameter sets. Additionally, S/N (Signal to Noise) ratios were calculated using “Larger is better” formula and given in the same table.

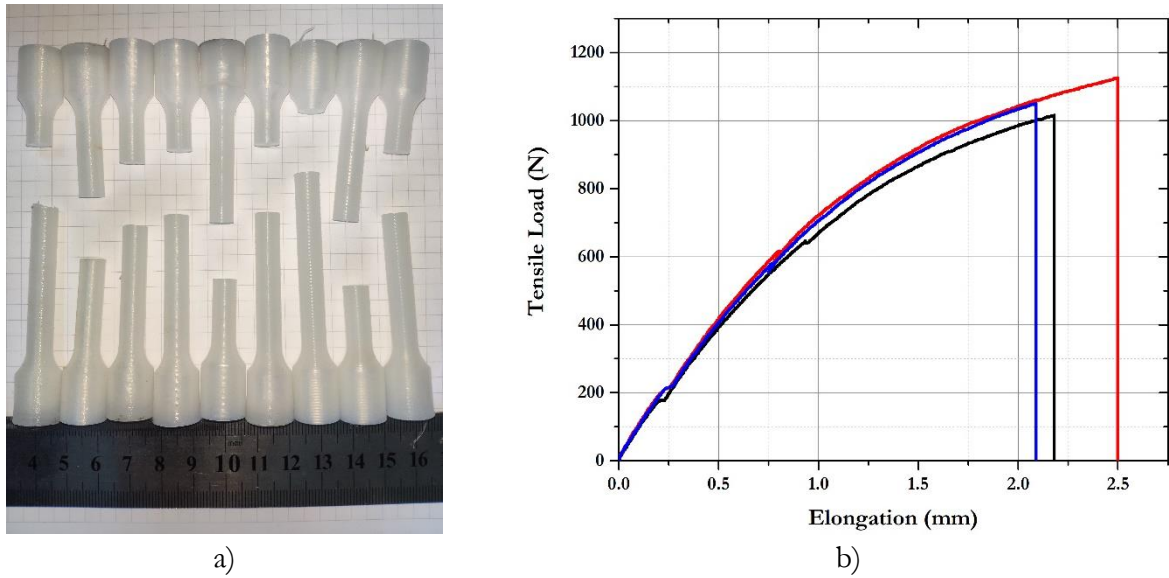


Figure 7. a) Tested samples, b) Obtained tensile test graph for optimum parameters

Table 2. Obtained tensile test values and calculated S/N Ratios

Layer Height (mm)	Extrusion Width (mm)	Printing Speed (mm/s)	Tensile Load (N)	S/N Ratio
0.20	0.44	10	435	52.7698
0.20	0.52	15	595	55.4903
0.20	0.60	20	946	59.5178
0.28	0.44	15	446	52.9867
0.28	0.52	20	860	58.6900
0.28	0.60	10	406	52.1705
0.36	0.44	20	719	57.1346
0.36	0.52	10	533	54.5345
0.36	0.60	15	1028	60.2399

Response tables and plots for Means and S/N ratios are given Table 3. and Figure 8. The order of importance of the process parameters for the bonding strength was: Printing Speed > Extrusion width > Layer height (Table 3). Main effect plots show how each factor affects the response characteristic. The main effects of the mean of means exhibit a perfect correlation with the means of S/N ratios (Figure 8).

ANOVA is the statistical treatment most commonly applied to the results of experiments to determine the percentage contribution of each parameter. ANOVA helps in formally testing the significance of all main factors and their interactions by comparing the mean square against an estimate of the experimental errors at specific confidence levels. In Table 4, ANOVA table is given with calculated % contribution values which shows the effect of each parameter on tensile load. Printing

speed parameter shows the highest effect on bond strength with a %50.68 contribution. This finding is also consistent with the effects obtained by the Taguchi method.

Table 3. Response tables for means and S/N ratios

	Layer Height	Extrusion Width	Printing Speed
<i>Response Table for Means</i>			
1	658.67	533.33	458.00
2	570.67	662.67	689.67
3	760.00	793.33	841.67
Delta	189.33	260.00	383.67
Rank	3	2	1
<i>Response Table for Signal to Noise Ratios</i>			
1	55.93	54.30	53.16
2	54.62	56.24	56.24
3	57.30	57.31	58.45
Delta	2.69	3.01	5.29
Rank	3	2	1

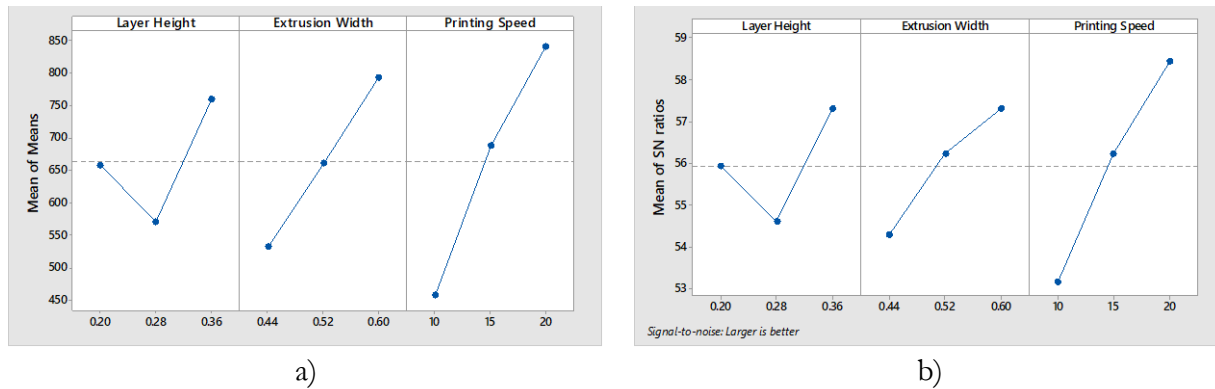


Figure 8. a) Main effects plot for Means, b) Main effects plot for S/N Ratios

Table 4. Analysis of Variance table for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	% Contribution
Layer Height	2	53860	53860	26930	0.86	0.538	12.19
Extrusion Width	2	101401	101401	50700	1.62	0.382	22.95
Printing Speed	2	223974	223974	111987	3.57	0.219	50.68
Residual Error	2	62671	62671	31335			14.18
Total	8	441905					100

Using the experimental test results, optimum levels of parameters were predicted and conformation tests were carried out with the samples produces with predicted parameter levels. The predicted values using the S/N ratios and means for the optimal levels of the process

parameters are presented in Table 5. Table 5 also lists the experimental value and prediction error. Neither the S/N value prediction nor the mean prediction has an error greater than 1.02%. Obtained tensile test graph of conformation tests is also given in Figure 7 b.

Table 5. Prediction for the optimum levels of process parameters (Layer height: 0.36mm; Extrusion width:0.6mm; Printing speed:20mm/s)

	Predicted S/N Ratio	Predicted Mean (kN)
	61.1624	1068.78
Experimental (kN)	60.54	1064
Prediction error (%)	0.45	1.02

Mechanical properties of upright direction depend on a few mechanisms effected by process parameters. One of these mechanism is notch effect. Resulting surface roughness causes notch effect when the sample subjected to stress. So, parameters that increase surface roughness causes low tensile properties. On the other hand, air gaps between lines have a significant effect on tensile load due to fact that gaps do not resist to load and decrease the effective section area. Furthermore, as a most important parameter, temperature directly effects mechanical properties over adhesion (Kovan, Altan, & Topal, 2017; Lepoivre, Boyard, Levy, & Sobotka, 2020).

According to obtained results, it can be concluded that increasing printing speed increases the tensile load (Figure 8.) Chacón et al.(2016) and Christiyan et al. (2016) reported that the mechanical properties decrease as the feed rate increases for the upright orientation (Chacón, Caminero, García-Plaza, & Núñez, 2017; Christiyan, Chandrasekhar, & Venkateswarlu, 2016). In a study by Lepoivre et al. (2020), it is reported that there is an optimal temperature value for good adhesion and high viscosity leading to a stable structure (Lepoivre et al., 2020). The printing speed effects directly the time spent for a layer. So, decreasing the time left for cooling the layer increases the temperature effect. It means that resulting temperature due to the selected parameter set can increase or decrease the mechanical properties depending on where the optimum resulting temperature is located.

Figure 8. also shows that increase in extrusion width increases the tensile load. This increase can be attributed to decrease in air gap (Figure 6). In addition, increase in extrusion width causes an increase in temperature that effects the bonding strength.

Layer thickness parameter effects the mechanical properties in different ways. So, In the literature, there are studies reporting the effects of this layer height differently. Christiyan et al (2016) and Weake et al. (2020) reported that increase in layer height lower the mechanical properties, while Chacón et al. (2017) reported that it increased (Chacón et al., 2017; Christiyan et al., 2016; Weake et al., 2020). Interestingly, Kovan et al. (2017) reported a very limited effect of layer height on the bond strength (Kovan et al., 2017). In this study, it observed that bonding strength first decreased with increase in layer height and then increased. Durga et al. (2019) reported the same effect (Durga Prasada

Rao, Rajiv, & Navya Geethika, 2019). There are a few concepts that can be mentioned here. First, the time the polymer material is exposed to heat increases with decreasing layer height and the polymer loses its properties in this process. The second is the concept called the statistical size effect. This concept says that a decrease in layer height results in more layers and the risk that in one layer something goes wrong, which in the end will be the location where a failure starts.

Conclusion

In this study, the effect of layer height, extrusion width and the printing speed on the bond strength at upright direction of PA samples were investigated. The produced samples were subjected to tensile test and optimization is performed using Taguchi method for the purpose of maximizing the bonding strength. Verification of layer height and extrusion width were carried out using optical microscope. The main conclusions can be summarized as follows:

- The optimal combination of process parameters was a layer height of 0.36 mm, a extrusion width of 0.6 mm, and a printing speed of 20 mm/s.
- Confirmation tests for optimal parameter set is performed. Neither the S/N value prediction nor the mean prediction has an error greater than 1.02%.
- The order of importance of the process parameters for the bonding strength was: Printing Speed > Extrusion width > Layer height.
- The most significant parameter was printing speed with a contribution of 50.68 percent.
- Increasing printing speed and extrusion width values increased the mechanical properties.
- The bonding strength first decreased with increase in layer height and then increased.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank E-MAK Makine İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. company and its valuable employees who provided support to this study by providing laboratory facilities.

References

- Candal, M. V., Calafel, I., Fernández, M., Aranburu, N., Aguirresarobe, R. H., Gerrica-Echevarria, G., ... Müller, A. J. (2021). Study of the interlayer adhesion and warping during material extrusion-based additive manufacturing of a carbon nanotube/biobased thermoplastic polyurethane nanocomposite. *Polymer*, 224. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2021.123734>
- Cano-Vicent, A., Tambuwala, M. M., Hassan, S. S., Barh, D., Aljabali, A. A. A., Birkett, M., ... Serrano-Aroca, Á. (2021). Fused deposition modelling: Current status, methodology, applications and future prospects. *Additive Manufacturing*, 47(August). <https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.102378>
- Chacón, J. M., Caminero, M. A., García-Plaza, E., & Núñez, P. J. (2017). Additive manufacturing of PLA structures using fused deposition modelling: Effect of process parameters on mechanical properties and their optimal selection. *Materials and Design*, 124, 143–157. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.03.065>
- Christiyan, K. G. J., Chandrasekhar, U., & Venkateswarlu, K. (2016). A study on the influence of process parameters on the Mechanical Properties of 3D printed ABS composite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 114(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/114/1/012109>
- Doshi, M., Mahale, A., Kumar Singh, S., & Deshmukh, S. (2021). Printing parameters and materials affecting mechanical properties of FDM-3D printed Parts: Perspective and prospects. *Materials Today: Proceedings*, (xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.003>
- Durga Prasada Rao, V., Rajiv, P., & Navya Geethika, V. (2019). Effect of fused deposition modelling (FDM) process parameters on tensile strength of carbon fibre PLA. *Materials Today: Proceedings*, 18, 2012–2018. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.009>
- Khan, S., Joshi, K., & Deshmukh, S. (2021). A comprehensive review on effect of printing parameters on mechanical properties of FDM printed parts. *Materials Today: Proceedings*, (xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.433>
- Kovan, V., Altan, G., & Topal, E. S. (2017). Effect of layer thickness and print orientation on strength of 3D printed and adhesively bonded single lap joints. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 31(5), 2197–2201. <https://doi.org/10.1007/s12206-017-0415-7>
- Kumar, R., & Ranjan, N. (2021). Influences of infill percentage, bed temperature and outer perimeters on elongation of 3D printed nylon 6. *Materials Today: Proceedings*, (xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.529>
- Lepoivre, A., Boyard, N., Levy, A., & Sobotka, V. (2020). Heat transfer and adhesion study for the FFF additive manufacturing process. *Procedia Manufacturing*, 47(2019), 948–955. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.291>
- Park, S., & Fu, K. (Kelvin). (2021). Polymer-based filament feedstock for additive manufacturing. *Composites Science and Technology*, 213(May), 108876. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2021.108876>
- Redwood, B., Schöffner, F., & Garret, B. (2017). *The 3D printing handbook: technologies, design and applications*. 3D Hubs.
- Rodzeń, K., Harkin-Jones, E., Wegrzyn, M., Sharma, P. K., & Zhigunov, A. (2021). Improvement of the layer-layer adhesion in FFF 3D printed PEEK/carbon fibre composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 149(May), 106532. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2021.106532>
- Sgrulletti, M., Bragaglia, M., Giarnetti, S., Paleari, L., & Nanni, F. (2021). Understanding the impact of Fused Filament Fabrication conditions on the microstructure and tensile properties of polyamide

- 6 by thermal and optical live monitoring. *Materials Today Communications*, 28(May), 102679. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2021.102679>
- Sharafi, S., Santare, M. H., Gerdes, J., & Advani, S. G. (2021). A review of factors that influence the fracture toughness of extrusion-based additively manufactured polymer and polymer composites. *Additive Manufacturing*, 38(November 2020), 101830. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101830>
- Tutar, M. (2021). *Investigation of Mechanical Properties of Notched Samples Manufactured by Additive Manufacturing Method Under Different Impact Velocities Ekllemeli İmalat Yöntemiyle Üretilen Çentikli Numunelerin Farklı Darbe Hızları Altındaki Mekanik Özelliklerinin Araştırılması*. 14(2), 127–131.
- Wahab Hashmi, A., Singh Mali, H., & Meena, A. (2021). Improving the surface characteristics of additively manufactured parts: A review. *Materials Today: Proceedings*, (xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.223>
- Weake, N., Pant, M., Sheroan, A., Haleem, A., & Kumar, H. (2020). Optimising process parameters of fused filament fabrication to achieve optimum tensile strength. *Procedia Manufacturing*, 51(2019), 704–709. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.099>

The Origins and the Development of Artificial Intelligence

Nazlı Gülşah CİMİLLİ¹

Aytekin ÇÖKELEZ²

Introduction

Throughout the history, many different definitions have been made about what might make mankind different from other species. Some of these definitions emphasized that mankind is a rational creature, while others drew attention to the technical skills and the communication styles of mankind.

It is possible to state that, among all the definitions of mankind, the intelligence is frequently described as a distinctive qualification of human kind. Because, human intelligence is in the sub text of all these definitions which lay emphasis on the technical skills, the communication skills or the rationality of human.

Artificial intelligence on the other hand, is not just an effort to facilitate practical life but also it includes the efforts to reproduce intelligence of human beings. Thus, it also contains the aim of gratifying the sense of curiosity about the possibility of human intelligence being reproducible as it is interrogated by Turing (1950: 1) with the question of “Can machines think?” in his work.

Nilsson (2009: 13) defines the artificial intelligence as an activity dedicated to bring in intelligence to machines. McCarthy (1959: 3) on the other hand defines it as an attempt to put forward ideas about how machines will use language, how to abstract and create concepts and to demonstrate how machines can improve themselves by solving problems that can be solved by human. McCarthy also defines intelligence as the quality which enables an entity to act together with its predictions as well.

Teigens (2019: 1) classifies the possible criteria of artificial intelligence as the following;

- An algorithm of an artificial intelligence must have an ability to make a decision, to pursue a strategy and to be able to think rationally,
- It must be able to represent the knowledge,
- It must have a common sense,
- It should be able to learn,

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Tarihi Bölümü, Orcid: 0000-0002-4955-9492

² Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Tarihi Bölümü, Orcid: 0000-0002-8742-3246

- It must be capable of making plan,
- It must have an ability to communicate (with natural language processing),
- With all these abilities, it should be able to orient towards collective goals.

The long term aim of studies in the field of artificial intelligence is to create a thinking machine which is intelligent, conscious, has an ability of learning and also free will as well (O'Regan, 2012: 250). With this regards, it is possible to define artificial intelligence as attributing the capacity of thinking, acting and knowing of human to the machines via codes and algorithms.

Hence, the aim of this study is to examine the history of artificial intelligence, starting from the period when artificial intelligence emerged as an idea, to the period when it was conceptualized, until the period called artificial intelligence winters. For this purpose, the history of artificial intelligence will be handled with an interdisciplinary approach and will be examined comparatively.

The Conceptual History of Artificial Intelligence

Artificial intelligence was pronounced as this particular name as “artificial intelligence” for the first time in The Dartmouth Conference in 1956 by John McCarthy. One of the most important factors in naming artificial intelligence with this name was to distinguish it from Shannon’s work titled “Automata Studies”, which also is a work that involved in Dartmouth Conference. Another factor was that McCarthy had wanted to separate this concept from the subject of cybernetics (Nilsson, 2009: 78).

Additionally, The Dartmouth Conference, was an organization which a wide variety of different topics were involved. For instance, Rochester, had contributed to the conference with his studies about nerve cells and neural networks. Newell and Simon, who were conducting their project about symbol-processing, have made a huge contribution by presenting the Logic Theorist Program for symbolic logic. Shannon on the other hand, had aimed to the concepts of information theory to be applied to the brain models and computing machines. He also aimed to create a computer language which is capable of being programmed and Minsky also made a contribution by publishing his work “Steps Toward Artificial Intelligence” as well (Nilsson, 2009: 79).

Since then, there is an ongoing dispute even today about how accurate is to call artificial intelligence by this particular name (Nilsson, 2009: 79). For instance, Arthur Samuel criticizes it founding on the idea that to call artificial intelligence with this proper name gives the impression as if it is completely disconnected or unreal. In addition, Newell and Simon also did not approve of this name in the first place in spite of the fact that they accepted it in later periods (McCorduck, 1979: 101).

Even though the name of artificial intelligence had given in 1956, it is possible to say that the conceptual history of artificial intelligence dates back to much earlier periods in time (McCarthy and Hayes, 1969: 1) considering the idea of artificial intelligence in the conceptual sense is encountered in ancient cultures and mythology in history. One of the earliest known examples evoking the idea of artificial intelligence is found around 200 B.C. in the myth of Pygmalion (O'Regan, 2012: 230). The Pygmalion is a myth which tells a story about a sculptor who makes a statue of a woman, the sculptor falls in love with the statue and it springs to life as a result of his prays to Aphrodite.

The main idea which construct the concept of robot and artificial intelligence is found in the 12th century European literature with the imagination of Golem (Haddadin and Nobbe, 2020). Golem is an example of Jewish mythology which tells a story about the creatures which resemble to human kind and stronger than human which were created by a holy person. Golem means “alive statue” in Hebrew and they were described as the speechless manservants of the clergy (O'Regan, 2012: 230). It is possible to multiply the examples which treats similar subjects such as Frankenstein and Pinocchio as well.

With this regard, it would be possible to say for artificial intelligence that even though it is relatively a young discipline in the history of science, its roots are based on hundreds of years ago.

In the mid 1980s, the claims about creating a system which is capable of producing human consciousness is possible, qualified as suspicious and exaggerated. These types of notions did lead to a period calls “Artificial Intelligence Winters” in technical literature. During this period, there were a dramatical decreasing for the funds which allocated for the studies in the field of artificial intelligence. The main reason for artificial intelligence winters were the neuroscientists claims which asserted that the brain is such a complex being, it is impossible to reduce it to a transaction with fixed inputs and outputs (Dogan, 2020: 18).

Thereafter the period of artificial intelligence winters which also calls as the dark age in the artificial intelligence, the aims for studies in the field of artificial intelligence had narrowed down and instead of a strong artificial intelligence, the scientists tended to make relatively more realistic studies such as data mining, data access and natural language processing (Nilsson, 2009: 393).

Artificial intelligence is considered as a multidisciplinary field which contains many types of other disciplines such as philosophy, cognitive science, psychology, mathematics and linguistics (O'Regan, 2012: 234).

The Mathematical Roots of Artificial Intelligence

Even though, the theoretical studies contributed voluminosly in the field of artificial intelligence, the main breakthroughs in the field of artificial intelligence

coincide with the period when it became a discipline with the formalization of fields of computation, logic and probability. In this context, formal expression in these areas has a significant effect for the improvements in the field of artificial intelligence. The idea of expressing computation as a formal algorithm was introduced by Al-Harezmi in the 9th century (Russell and Norvig, 1995: 11). Al-Harezmi is also considered to be the scientist who introduced the field of Arabic numerals and algebra to Europe, as well as algorithms.

Hence, including Robotic science, all the studies about artificial intelligence and computer programming are built on a foundation based on mathematics and computation. Moreover, the word computer is also derived comes from the word “computing” as well. In this context, it would be appropriate to say the developments in artificial intelligence is in parallel with the developments in mathematics and computation. One of the most important mathematical improvement is Blaise Pascal’s invention of arithmetic calculator in 1642. This invention is described as a major and initiative in terms of computation (Aspray, 1990: 1). Furthermore, the mechanical impactor which Leibniz developed in 1674 was also inspired by Pascal’s addition machine as well (Nilsson, 2009: 54).

Sir Isaac Newton on the other hand, established the field of infinitesimal calculus by developing a method called “Newton Method” in order to solve the optimization problems in the field of mathematics. Simultaneously with Newton, Gottfried Wilhelm Leibniz also invented the differential calculus and integral calculus formulas as well. Leibniz stated, transferring these calculations to a machine instead of scientists spending hours for calculations is a tremendous improvement for mathematics (Davis, 2002: 190). He is also considered as the first computer scientist by many historians of science due to his studies on the binary digit (Haddadin and Knobbe, 2020: 2).

The Technical Basis of Artificial Intelligence

It would be appropriate to say that for the studies in the field of artificial intelligence, its technical history is equally valuable as its theoretical and mathematical origins. For instance, the input device of Pierre Jaquet Droz's mechanical doll named “The Draughtsman” is considered to be an disc cam that basically functions as a programmable memory. This mechanical doll has the ability to draw on paper with a quill and real ink. When viewed from this aspect, it is possible to state that, this invention of Droz fairly contributed to the development of artificial intelligence (Haddadin and Knobbe, 2020: 2). Droz later started working on prosthetic limbs with Frédéric Leschot.

One of the most important developments in the field of Artificial Intelligence is that Charles Babbage’s, who is considered as the father of computer technologies, design which includes procession, memory, the input of data and the output of result. This design of Babbage had the basic features of computers in later periods. Which is why,

this design is an analytical engine considered to be the first mechanical computer. However, Babbage was not able to complete the construction of this design during his lifetime (O'Regan, 2012: 207).

In addition to the approach that qualifies Charles Babbage as a pioneer, there are contradictory arguments regarding Ada Lovelace as the first programmer in history (Bromley, 1990: 67). Along with this program which were started to be developed in 1868 that would later called "Ada" and the developments in calculation, the groundwork was laid for the first usable computer and control systems (Haddadin and Knobbe, 2020: 3).

As a matter of fact, besides Babbage's analytical engine design and idea, Ada Lovelace is also considered to have written the first computer program in history that could demonstrate the fundamental potential of a computer.

However, Babbage's invention of "Analytical Machine" in 1822 and made an undeniable contribution to computer science (Nilsson, 2009: 55). Which is why, It would be fair to consider Babbage as the pioneer in the field (Hyman, 1985: 27).

The History of Robot Technologies

The word "robot" which means mechanical human in modern language is a word that derived from the Czech word "robota" that means slave labor or compulsory service (O'Regan, 2012: 247).

Although it is not quite certain when the first examples of the concrete conception of the robot idea in history were occurred, it is possible to see the traces of the robot idea in 12th century European literature (Haddadin and Knobbe, 2020: 2). Because, the mystical creatures called as "Golem" in the European literature of the period, converging to the idea of robot, can be considered as one of the first conceptions that evoke the idea of robots in history.

The word robot was pronounced for the first time in a science fiction script called "Rossum's Universal Robots" written by the Czech writer Karel Čapek in 1920. The script which tells the story of robots who works as artificial workers in a factory were exploited, first published in Prague then translated in English in 1923 (O'Regan, 2012: 230).

One of the oldest and most known sources of concrete studies on artificial intelligence and robot technologies corresponds to the 15th Century Renaissance Period in Europe. Because at that period of time, Leonardo Da Vinci, has made tremendous contributions to both art and science with his many inventions such as hydraulic pump, mechanical jumper and various musical instruments etc.

Among his inventions, two of them has remarkable importance in terms of Robotics. One of them is "Autonomous Flying Machine" and the other one is the

"Mechanical Knight", which would later be referred to as "Leonardo's Robot" (Moran, 2006: 989).

The Mechanical Knight is a mechanism that works with rope pulls and deflection pulleys which integrated into the knight's armor, and thus can perform various human-like movements. This invention considered as the first steps in robotics which were taken through a mechanism (Haddadin and Knobbe, 2020: 12).

Although the oldest known record about robots belongs to Archytas of Tarentum (430 BC), it can be stated that the automatic mechanisms designed and developed by Al-Jazari provide a basis for today's robot technology. As a matter of fact, it is quite possible to state that Al-Jazari was one of the first scientist to produce concrete studies in this very field when it's looked from the perspective of the history of robotics (Çırak and Yörük, 2016: 5). Because, there are known written sources indicating that Al-Jazari designed mechanical drawings in the robotic sense about 200 years before Leonardo Da Vinci's designs (Akman, 1976: 3).

Al-Jazari described the possibilities of using more than 50 drawings of automata in his book, "The Book Containing the Utilization of Mechanical Movements in Engineering". In addition, it is thought that one of the first known robot example in world history was designed by Al-Jazari. It is a device which has an automatic mechanism that can move by itself and also is gifted to the Artuqid sultan by Al-Jazari (Kumar, 2010: 58). He has also produced works that is considered as a milestone in the field of cybernetics (Çırak and Yörük, 2016: 4).

The Brief Story of Cybernetics

Cybernetics is a field defined as a branch of science in which living organisms such as humans and animals or mechanisms such as designed robots and the systemic structures of these mechanisms are examined in terms of control, functioning, management and possibilities (Broadhurst and Darnell, 1965: 442). All types of behavior comprises the field of research, in studies concerning to the field of Cybernetics as long as it is regular, determinant and also repeatable as well (Ashby, 1961: 17).

The word Cybernetics, which derived from the root of "Kybernetes" means helmsman in Ancient Greek and it has turned into the word "gubernator", which means management in Latin. The concept of cybernetics was first pronounced with this name by André-Marie Ampère in 1834, in a work in which she classified the information entirely for defining the concept of "management" (Beer, 2002: 204).

The concept of Cybernetics' also defined as a philosophy which does not differentiate between living organisms and man-made machines, by emphasizing analogical points in terms of operation, despite the fact that their components are different. (Broadhurst and Darnell, 1965: 442). In this context, the main research areas of this branch consist of biological, technological and cognitive processes such as practical activities, learning, communication and also management as well.

The term of cybernetics is first pronounced by Arturo Rosenblueth, Norbert Wiener and Julian Bigelow in 1943, carrying the proper meaning as it is conceptualized (Nilsson, 2009: 49). The field of cybernetics is established as a discipline by Norbert Wiener (Beer, 2002). Wiener (1948: 3), defines cybernetics as a branch of science that studies communication and control between animals and humans.

Wiener also laid the foundations of the information age with his studies in the field of cybernetics (Broadhurst and Darnell, 1965: 442). It is possible to characterize cybernetics as a field that involved in an interaction with disciplines such as; system theory, psychology, artificial intelligence and philosophy (Müller & Kant, 2000: 19). As a matter of fact, the field of artificial intelligence is conceptualized and handled as a different discipline from the field of cybernetics in the Dartmouth Conference in 1956 (Nilsson, 2009: 79).

Turing Test: The Idea of a Possible Computable Intelligence

One of the biggest aims in artificial intelligence studies is to design humanoid algorithms that will be presented to serve the humanity. For this purpose, one of the most basic components for this study is to program a system that works with a discipline as the human mind.

The working principles of the human mind, which is desired to be reproduced, also require an interdisciplinary examination. Which is why, in artificial intelligence researches, examining how the brain works with neurological, psychological and biological disciplines and also philosophical questions as the milestones of the concepts such as understanding, reasoning and rational thought are as valuable as programming, computer science and calculation.

In general, in parallel with the definitions of artificial intelligence, it is possible to classify the criteria of a possible humanoid artificial intelligence under four main headings. It must think humanely, think rationally, act humanely and act rationally (Jieshu, 2017: 2). A program of artificial intelligence should also have skills such as NLP (Natural Language Processing), representation of knowledge, automatic reasoning and machine learning in order to behave like a human.

Turing (1950: 4) categorized the main components of computers in three topics; the first one is; the memory. Turing considers this unit as a store of information. The second one is the execution unit. This unit is quite as the book of rules. The given rules turns into the table of instructions. And the last one is the control unit, which is considered as a system that determines if these instructions are true or false. The working principle of these three units are designed by modelling the brain of human.

Alan Turing evaluates the concept of artificial intelligence with all its possibilities by reducing it to a question. He poses a key question that is still been questioned even today; “Can machines think?”. In other words, he evaluates the possibilities of attributing this kind of an operation to a machine by modeling the working principle of

the brain. Turing (1950: 1); states that it is necessary to begin with making a proper definition to both words that make up this question sentence, "machine" and "thinking". The most valid answer that can be given to this question is to describe an "Imitation Game" in which Artificial Intelligence is involved in order to embody it with a thought experiment. The imitation game, also called the Turing test, actually represents a concept of disembodied intelligence in an interesting way (Lowe, 2000: 213). Because the Imitation Game is based on testing the concept of intelligence, not from the perspective of non-verbal forms of intelligent behavior, but in the theoretical sense of communication capacities.

The imitation game is played by a woman (A), a man (B) and an interrogator (C) out of both of their sight. The interrogator, must guess to whom he or she is talking. A or B is stands for one of each two genders. The game is based on guessing which one is male or female regarding the answers they receive. In this game, B's aim is to help the interrogator (C), and A's aim is to mislead the interrogator. Turing put forward the idea that thinking about what would happen if a machine took over the place of A in such a game? That would also answer the question of whether machines could think. In this version of Turing, the interrogator's goal will be to distinguish a human (X) from a machine based on similar questions. In such setup, especially with questions based on mathematical calculations, it is highly possible that the answer of the machine will be faster and more accurate than the answer that a human can give (Turing, 1950: 2). In fact, a possible humanoid artificial intelligence must have all the cognitive capacities such as representing the knowledge, automatically reasoning, and learning in order to pass the Turing test (Russell and Norvig, 1995: 5).

Even though the "Imitation Game" is a test that analyzes how equivalent artificial intelligence is to human intelligence, it is not a test that established through communication, it is established only through written text messages. Which is why, expert level visual and auditory systems must also necessarily have inputs and outputs for the analysis of a complex structure such as human intelligence. There have been critics who have adopted the idea that it should also be tested within such system as well (Kurzweil, 2013: 61). For instance, according to Searle (1980: 423), even though a possible machine which is able to pass the Turing test, would never be the same as human in terms of cognitive qualifications.

Chinese Room Example: The Possibility of a Strong Artificial Intelligence

It is possible to evaluate the discussion of how far is possible to formalize the human mind in three main approaches (Brown, 2002: 3); First approach is based on the idea that, the lack of solution, which is a result of the lack of knowledge and theory in this field, might be eliminated in the light of more research and theoretical thinking. The second approach stands for the idea that human mind has limited capacities. Which is why, it is not sufficient to solve and give a solid answer for such question. In terms of Kant, human mind, regarding the category of understanding, is not capable of create

such theory. And the third approach defenders, adopts the idea that human mind has a mystical structure, and that is why it is neither possible to be analyzed nor to be copied.

In this context, the concept of strong artificial intelligence represents the possible example of an artificial intelligence which can think and learn as a mankind intelligence. For Dennett (1991: 319), as the defended idea in field of computational psychology, mind can be evaluated equally with the conscious and it is possible to create an artificial intelligence which is able to think like brain. Furthermore, he claims that it will be understood that it is necessary to have a computational substructure, when the concept of selfness is understood thoroughly.

According to Searle (1980: 424) who rejects the claims that defend the possibility of a humanoid artificial intelligence, creating a humanoid bio-chemistry with this kind of a mechanism is not possible. In order to consolidate his argument, Searle (1980: 422) gives an example named “Chinese Room” and via this example, he also gives another perspective to the Imitation Game of Turing. The questions within the scope of “Imitation Game” don’t require an understanding of the meaning. However, according to Searle, the matter of meaning is necessary for a true intelligence (Lowe, 2000: 217). Which is why, even for a possible machine who passes the Turing test in “Imitation Game”, would never be able to be counted a humanoid mind in sense of cognitive capacities.

It is possible to evaluate the work of Searle on the basis of two main premises (Boden, 1988: 253);

1. The intentionality is intrinsic to humans and animals. Because this quality is a based upon the brain that has a corporal structure by nature.
2. Exemplifying a computer program is not sufficient to be a condition of intentionality. A computer program is only a manipulation of symbols according to the syntactic rules.

A person who doesn’t know a word of Chinese is assumed to be locked in a room with a serial of a Chinese script within the Chinese Room example (Searle, 1980: 32). Afterwards, a second text and a serial of rules in order to make a connection in between are assumed to be given to the person. The serial of rules are in English (which supposed to be the native language of the person) and they are given for make a correlation in two serials of symbol. Lastly, a third serial of a Chinese symbol and some English instruction which explains how to associate the first and the second texts. Thus, the first text is a script, the second one is a story and the third one consists of questions. But this distinction is not given to the person. Searle, unlike the strong artificial intelligence defenders, gives such example to explain how there is a difference between responding a question with an understanding of the sense and responding by manipulating some Chinese symbols without any understanding of the story line. Because, this kind of an attitude is not a matter of a fact, it is a matter of a decision.

Hence, according to Searle (1980: 419) understanding is not a subject of a machine. However, by contrast with Searle, for Newell (1963: 13) the cognitive capacities of human is same as a computer's capacities. And also, mind is evaluated as a computable system in computational psychology as well (Casey and Morgan, 2012: 157).

Memory, Machine Learning and Logic in Artificial Intelligence

It is stated that even though, the working principle of the brain is substantially complex and it's not quite possible yet to attribute a solid explanation to it; the learning process of the brain is defined as collecting, keeping and using an information (Deiana at al., 2010: 402). At this juncture, memory is a store of thought, perception and variations of behavior which occurred within the learning procession, aimed to be used when it is needed. Concordantly, according to Bergson (2005: 150), the entire of conscious consists of keeping and cumulating the past in the present time, and also the prediction of the future. Hence, it is possible to say that, for any possible simulation of artificial intelligence, it's required to model the memory for achieving to human mind.

Many psychologists including David Rumelhart and George Hinton made researches about neural networks of the memory models. It is possible to state that these studies gained a serious momentum in mid 1980s, with the reinvention of the back propagation learning algorithm which was first found by Bryson and Ho in 1969. This algorithm has been applied to many learning problems in computer science and psychology (Rumelhart and McClelland, 1986: 72). The widespread dissemination of the results in the collection of parallel distribution operations has been met with great enthusiasm (Russell and Norvig, 1995: 588).

Based on the series of experiments on the functioning of memory, it is possible to say that the concept of memory in humans is a concept that can be modified when a new item is recorded, unlike being stable and determined traces on a hard disk, which is the memory store of digital computers. Since artificial intelligence is designed by considering human consciousness as a model, memory is an important factor for artificial intelligence as well as for understanding the human mind. Contrary to most behavioral studies, relatively little is known about the brain systems underlying each type of retrieval of the memory (Friedman, 2000: 7).

One of the most important factors that makes human mind special is the ability of producing new and different solutions to new problems, together with a multifaceted thinking skill. Both the way to perceive a problem and to choose a method as a solution is convenient to change and develop through the experience and knowledge via the ability of learning.

The ability of learning is a skill that is necessary not only to have some type of a knowledge, but also to have an idea about the working of the world and to produce effective strategies to deal with the world in a sense. Hence, machine learning is defined

as attributing of this ability which allows to adopt new conditions and to infer new patterns by programming (Russell & Norvig, 1995: 55).

In terms of neurologic, the concept of learning, which considered as one of the most important factor of intelligence and the acquisition of an information or a skill, are related to the change in the transmissivity of synaptic connections between neurons, and the establishment of new synaptic connections. This type of a process is explained with a structure that begins before birth and continues through the biological growth (Kurzweil, 2013).

Turing (1950: 17), also mentions about the learning process of the brain for an adult mankind in three degrees. At first, there is the beginning state which occurred by birth of a human. Secondly, the process is started to be formed with education, experience and gained new information as growing up. Last but not least, there is a degree which can't be gained by as education but other experiences. There's a processes which ties those there degrees via causality. Hence, for machine learning, Turing (1950: 17) suggests to simulate a manner of a child brain, which is able to learn within these degrees, instead of simulating a brain of an adult. Because, learning within the process of growing has a big importance.

The learning process is divided into two main categories as; simple and complex models of learning (Crockett, 1992: 9). The simple model of learning has an atomic structure and depends on the idea that storing the information. But the complex learning model is an open ended system which has no limit of sphere of influence. Hence, it is quite possible to attribute the simple learning model to a certain example of an artificial intelligence, it is not yet possible to attribute the complex model to it. Because it is not yet a field which is able to be computed.

Learning and acquiring new experiences are not only for to store an information or an experience which acquired in the memory, but also it is a determinative factor for behaving according to them. There must be the qualities of common sense and ability of judgment that characterize a rational person who is assumed to have a certain intelligence. The claim that such a structure is not available to be computed and that there is no algorithm to embody this structure is an important notion that can be evaluated within the subject defined as the "Frame" problem (Lowe, 2000: 220).

The Frame Problem, which first pronounced by McCarthy and Hayes (1969: 30), is a problem which interrogates how to formalize the problem solving process (Hayes, 1981: 233). In artificial intelligence programs, the strategies were being followed as coded and repetitive reactions when faced with a problem. However, when a mankind is face with a problem, it is possible to find new strategies for each new problems for them (Minsky, 1974: 5).

In parallel with the developments in the field of artificial intelligence, it is possible to say that the breakthroughs such as the fact that an artificial intelligence

algorithm did beat Gary Kasparov in 1990 at the IBM chess tournament by working much faster in mathematical calculations compared to human intelligence are quite impressive. However, the common point for chess, mathematical calculations and all other such fields where artificial intelligence did make successful progress, is that these activities have an autonomous structure that depends on certain rules. For this reason, it is a very concordant field to be carried out the steps by a computer program.

For a computer program, following the steps requires a mechanical process. Which is why, Lowe (2000: 11) evaluates an artificial intelligence or a computer program for the activities in fields such chess and mathematical calculation, on the basis of its ability to follow instructions rather than the intelligence or cognitive basis.

In order to program the motor skills of human which acquired by experience and learning, and to attribute such skills to artificial intelligence, there must be also a process quite as learning by experience as well (Lowe, 2000: 12). As a result, a proper system that learns, recognizes mind patterns, be able to solve problems and even has motor skills is required (Harnad, 1990: 337).

As a matter of fact, robots can also be defined as intelligent systems with sensor capacities (Hayes, 1981: 233). Hence, the issue of how a robot can plan in a given situation and how it can produce a solution to a problem by finding a strategy has been tested with a series of "bombing" experiments by Dennett (1984: 1). In other words, a suitable solution was sought for the frame problem. Within the experiment, an R1 robot is supposed to be tasked with only protecting itself. The R1 Robot is placed in a room with a backup battery which about to be exploded. As a result, the experiments fail because of the frame problem.

In artificial intelligence studies, it is aimed to design not only programs that perform arithmetic operations, but also programs beyond a certain calculator including non-arithmetic decisions. According to Aspray (1990), an artificial intelligence program without this capacity is equal to a simple calculator. John McCarthy proposed programs that were shaped by logic, with common sense knowledge and reasoning. Because, according to McCarthy (1959: 5), a proper artificial intelligence is only possible with a logic-based system. In fact, since 1980s, after many unsuccessful attempts, artificial intelligence studies have changed direction from the idea of solving the frame problem has been largely abandoned to logic-based systems (Gryz, 2013: 17).

Logic systems were used even before the computers since the 1930s with the relay, the systems of punch cards and electronical calculators. Even if according to the working principles they were primitives comparing with today's technology, they were including in a manner of a logical systems. Another important development in the same years was Alan Turing (1937: 230)'s description for an algorithm which is able to calculate mechanically without any human intervention. Since the 1800s, the studies has been on the basis of the idea of a machine that can make logical decisions. The fact that

a reasoning pattern such as Aristotle's syllogism can easily be expressed as a form or a pattern, these general symbols can also be used in different concrete events has formed the basis of the reasoning logic in artificial intelligence programs (Nilsson, 2009: 28).

Leibniz also made tremendous contributions to the field of logic, in terms of establishing a universal language of logic. Because, he defined the field of logic by synthesizing it with mathematics, thus he developed theories that would enable mechanical reasoning. In order to express human thoughts in a symbolic way, he established a universal mathematical language and made various studies to mechanize human's logic ability (Davis, 2002: 192). The first logic machine was designed by Charles Stanhope towards the end of the 18th century. It is possible to describe this logic machine called "Stenhope Box" as a kind of analog computer (Nilsson, 2009:29).

George Boole (2009: 10) on the other hand, who evaluated the principles of logical reasoning and expressed these principles mathematically, provided the basis for the mechanization of reasoning with his studies. Later on, Gottlob Frege constructed a logic system involved the internal components of the premises. This system laid the groundwork for the predicate calculus system, which is also important for artificial intelligence (Nilsson, 2009: 33). Since the Frege's logic system, it has become possible to express the logic language with a linear equation.

Natural Language Process in Artificial Intelligence

The ability of Language is described as one of the most important factors that make humans different from other species. Based on examples such as Searle's (1980: 421) The Chinese Room argument and the Turing Test (1950: 1), it is possible to say that in artificial intelligence studies, the language capacity is also evaluated as a determinant criterion for measuring thought and understanding levels. Because, conceptual thinking becomes possible via the ability of language. In addition, to be able think collectively becomes possible. Hence, the language ability is more than just a measure of the level of understanding; it also forms the basis of the communication skill of mankind who is a social being.

Which is why, in artificial language studies, it is tried to design programs by evaluating certain rules of spoken and written language within the computational field, which is able to interact with a possible computer, communicate or write and also can make translations as well. Since the birth of computer languages, there is a distinction between formal programming languages such as, first order logic or "Lisp" and languages that have developed by consensus through the history such as Turkish and English (Russell & Norvig, 1995: 245). Therefore, natural language process is seen as a sub branch both of human-computer interaction and computational linguistics (Seker, 2015: 18). For instance, the translation operations of Google and applications such as Siri are getting developed in parallel with the studies of natural language process.

In order to analyze and produce language skill in a possible artificial intelligence algorithm, important criteria for natural language process consist of four stages; lexical, syntactical, semantical and practical. One of the closest examples to this classification is seen in the categorization made by Peirce (1994: 481) to list the branches comprising the field of semiotics³ (Sowa, 2000: 1). The formal semantics of programming languages are given with possible mathematical models which defined by the language (O'Regan, 2012: 139).

Natural Language Process' first major achievement is considered to be the introduction of the database with Circa in 1970. The first computer interface unit on the other hand is the Lunar system, which written by William Woods in 1973. With this system, the computer successfully answered 78% of the questions posed to it (Russell & Norvig, 1995: 693). However, these questions are not open ended questions, but they are the questions which have specific and definite answers.

What artificial intelligence researchers accept as machine understanding is, in a sense, the concretization of a formal program. In this context, one of the issues that Searle (1980: 422) wanted to convey with the example of the "Chinese Room" is to show that embodying a program does not provide sufficient conditions for meaning. In fact, such a thing is not seen as a condition, even if it is programmed with the correct input and output (Odell, 1984: 136).

In fact, the primary correlations of internet networks are considered as notions in the minds of those who interpret the correlations of the signals, rather than being bits and bytes whose signs are encoded. Thus, without humans, documents, data and contents would have been meaningless. In more concrete terms; the physical world, the representatives using signs to represent the essence, and the intentions of the representative constitute the ultimate source of meaning.

A sign has three aspects; the represented essence, the other represented essence and the representative (Sowa, 2000: 1). Referring to something depends on how the signs relate to each other, what qualities they represent, and the representatives who use those signs to communicate. The meaning of something consists of the triangular relation of the object, symbol and concept (Peirce, 1994: 92). In this type of a relationship, the concept is considered as the intermediary that connects the symbol and the object.

For a possible artificial intelligence where symbolic expressions are programmed with appropriate algorithms, the subject of how these expressions can or can't be made sense comprises the research area of the symbol grounding problem. Symbol grounding is accepted as an attempt to show that computers can also have a in a sense of a semantic structure as well (Mayo, 2003: 2).

³ Peirce's (1994: 481) classification is also categorized under three headings as syntactical, semantical and pragmatic as well.

Harnad's (1990: 337) claim that symbols can literally be understood, even when manipulated by a robot, if they are well-founded in the real world, is also could evaluated as a response to Searle's (1980: 417) Chinese Room argument. The fact that the concept called symbol or manipulation of symbols are based on form rather than meaning can also be interpreted as the meaning occurs in a systematic way.

The symbol system also includes this meaning by definition. However, it is an implicit structure that the symbols are meaningful for the person who perceives them. The main claim of Harnad (1990: 340) is based on the idea that the path from meaning to symbol is built from zero. In other words, it is necessary to ground meaning from zero.

The traditional cognitivist attitudes towards Artificial Intelligence have regarded the issue of cognition as a purely physical symbol system (Newell and Simon, 1976: 120). In this context, physical symbol systems are systems that are capable of storing, processing and interpreting symbolic structures in accordance with certain rules (Vogt, 2006: 4). In line with the semiotic arguments of Saussure (1974: 43), semantic representation has been interpreted as internal structures which relate to arbitrary signals or labels. Therefore, the relation of meaning to reality is left ambiguous. This uncertainty is the main reason for McCarthy and Hayes's (1969: 31) Frame Problem, Searle's (1980: 423) Strong Artificial Intelligence problem with the Chinese Room example, and Harnad's (1990: 335) Symbol Grounding Problem (Vogt, 2006: 4). And, the underlying common problem is that the symbols in the cognitive approach are not be positioned properly.

According to Brooks (1990), in order to solve the problems of the cognitive attitude, intelligence should be based on the interaction between its physical representative and its environment. This approach of Brooks has been called the physical grounding theory. At this point, symbols are no longer needed. Because intelligent behavior is based on parallel processing sensory motor coupling.

As a conclusion, the studies of robots and artificial intelligence programs to comprehend meaning and nature in a sense are seen as a turning point for artificial intelligence studies as well as for understanding how meaning is established.

Conclusion

In this study, the origin and the development processes of artificial intelligence are researched on the basis of a technical and historical background.

The technical developments within the conceptualization of artificial intelligence is examined in parallel with the developments in the field of mathematics and computation, based on the idea that the developments in the mathematical field constitute a solid ground for artificial intelligence.

Since The Dartmouth Conference, which was organized in 1956, when John McCarthy's proposal for the name of artificial intelligence was accepted, the aims of the studies in this field is researched for a full-fledged example of artificial intelligence.

In this context, the criteria for a proper example of an artificial intelligence; such as being able to make decisions, solve a problem, find a strategy by making a certain plan, represent a knowledge, be able learn, communicate and the possibilities for these type of skills are mentioned.

Theories and experiments on the possibilities of a strong artificial intelligence is studied in parallel with the disciplines of neurology, computation, semiology and linguistic. Hence, the important studies such as the Turing's (1950: 1) Imitation Game, the example of the Chinese Room of Searle (1980: 417) and the bombing experiment of Dennett (1984: 2) are examined and questioned.

Artificial intelligence possibilities are evaluated together with the correlation of consciousness, memory and logic concepts. It is understood that logic has an important role in establishing a conceptual hierarchy between classical logic, symbolic logic and artificial intelligence logic. Thus, it is stated that artificial intelligence algorithms are not only designed by pure arithmetic operation, but also comprises of the mathematical expression of logic.

The reasons for the Frame Problem, which was introduced by McCarthy and Hayes in 1969 is researched. The attempts to attribute the ability to make decisions and plan to a machine are evaluated together with the concepts of learning and memory.

Cognitive capacities of Artificial Intelligence and artificial language have been researched with an interdisciplinary attitude. The attempts to artificially design the language capacity are interrogated under the title of Natural Language Process. In this context, it is understood that this field is developed in parallel with the developments in fields of linguistics, semiotics and such disciplines.

The symbol grounding problem which Harnad (1990: 335) posed, is discussed through the questions of how the semantic interpretation of a formal symbol could be intrinsic to a system. In this context, Newell and Simon, who consider the human comprehension as a physical symbol system, are also mentioned.

In conclusion, since the roots in the history, artificial intelligence is researched from different aspects. And It is understood that, artificial intelligence studies are not only limited to a technical field, but also contain an interdisciplinary structure as well.

Sources

- Akman, T.** (1976). İlk Türk siberetik bilgini Eb-Ül-İz. *Bilim ve Teknik*, 9 (103), 1-4.
- Ashby, W. R.** (1961). *An Introduction to Cybernetics*. Chapman & Hall Ltd.
- Aspray, W.** (1990). Computing before computers. *Physics Today*, 44, 64-65.
- Beer, S.** (2002). What is cybernetics?. *Kybernetes*, 31 (2), 209-219.
- Bergson, H.** (2005). *Matter and Memory*, (N.M. Paul. & W.S. Palmer, Translation.). New York : Zone Books.
- Boden, A. M.** (1988). *Escaping From Chinese Room, Computer Models of the Mind*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Boole, G.** (2009). *An Investigation of the Laws of Thought: On Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Broadhurst, A. R. & Darnell, D. K.** (1965). An introduction to cybernetics and information theory. *Quarterly Journal of Speech*, 51 (4), 442–453.
- Bromley, A. G.** (1990). *Difference and Analytical Engines in Computing Before Computers*, Iowa: Iowa State University Press.
- Brown, S.** (2002). Peirce, Searle and the chinese room argument. *Cybernetics & Human Knowing*, 9 (1), 23-38.
- Casey, G. & Moran, A.** (2012). The Computational Metaphor and Cognitive Psychology. *The Irish Journal of Psychology*, 10, 143-161.
- Çırak, B. & Yörük, A.** (2016). Mekatronik Biliminin Öncüsü İsmail El-Cezeri, *Siirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4, 175-194.
- Crockett, L. J.** (1992). *The Turing Test and the Frame Problem: AI's Mistaken Understanding of Intelligence*. USA: Greenwood Publishing Group Inc.
- Davis, M.** (2002). *The Universal Computer: The Road From Leibniz To Turing*. CRC Press.
- Deiana, S., P., B. & Riedel, G.** (2010). The cholinergic system and spatial learning. *Behavioural brain research*, 221, 389-411.
- Dennett, D. C.** (1991). *Consciousness explained*. (P. Weiner, Illustrator). Little, Brown and Co.
- Dennett, D. C.** (1984). *Cognitive Wheels: The Frame Problem of AI. Minds, Machines and Evolution*, (Christopher Hookway, Ed.). Cambridge University Press.
- Doğan, M.** (2020). *Yapay zekâ felsefesinde bilinç problemi*. (Thesis of Doctorat). Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Friedman, D. & Johnson R.** (2000). Event-Related Potential (ERP) studies of memory encoding and retrieval. *A Selective Review Article in Microscopy Research and Technique*, 51, 6-28.

- Gryz, J.** (2013). The Frame Problem in Artificial Intelligence and Philosophy. *Filozofia Nauki*, 21, 15-30.
- Haddadin, S. & Knobbe, D.** (2020). Robotics and artificial intelligence: The present and future visions. M. Ebers & S. Navas (Ed.). *Algorithms and Law*, 1-36. Cambridge: Cambridge University Press.
- Harnad, S.** (1990). The symbol grounding problem, *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 42 (1–3), 335-346.
- Hayes, P. J.** (1981). *The frame problem and related problems in artificial intelligence. Readings in Artificial Intelligence*. Morgan Kaufman Publishers.
- Hyman, A.** (1985). *Charles Babbage: Pioneer of the Computer*. Princeton: Princeton University Press.
- Jieshu, W. (n.d.)**. *Symbolism vs. connectionism: A closing gap in Artificial Intelligence*. Retrieved from December 23, 2017 from <http://wangjieshu.com/2017/12/23/symbol-vs-connectionism-a-closing-gap-in-artificial-intelligence/>
- Kumar V.** (2010). 50 years of robotics. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 17, 56-65.
- Kurzweil, R.** (2013). *How to Create a Mind: The Secret of Human Thought Revealed*. Penguin Books.
- Lowe, E.** (2000). *Human Rationality and Artificial Intelligence*. In *An Introduction to the Philosophy of Mind, Cambridge Introductions to Philosophy*, Cambridge University Press.
- Lowe, E.** (2000). *Minds, Bodies and People*. In *An Introduction to the Philosophy of Mind, Cambridge Introductions to Philosophy*, Cambridge University Press.
- Mayo, M.** (2003). *Symbol Grounding and Its Implications for Artificial Intelligence*. *Proceedings of the Twenty Sixth Australasian Computer Science Conference in Research and Practice in Information Technology*. Darlinghurst, Australia: Australian Computer Society Inc.
- McCarthy, J. & Hayes, P. J.** (1969) *Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence*. *Machine Intelligence*. Edinburgh: Edinburg University Press.
- McCarthy, J.** (1959). *Programs with common sense*. In: *Proceedings of the Teddington Conference on the mechanization of thought processes*. Her Majesty's stationery office. Stanford, CA: Stanford University.
- McCorduck, P.** (1979). *Machines Who Think : A Personal Inquiry into the History and Prospects of Artificial Intelligence*, San Fransisco, CA.: W.H. Freeman and Co.
- Minsky, M.** (1974). *A Framework For Representing Knowledge*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Moran, M.** (2006). The Da Vinci Robot. *Journal of endourology. Endourological Society*, 20, 986-990.
- Müller, A. & Kant, T.** (2000). A Brief History of the BCL. *Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaften*, 11 (1), 9-30.

- Newell, A.**, (1963) *Learning, Generality and Problem Solving*. Rand Corporation.
- Newell, A. & Simon H.A.** (1976). Computer science as empirical inquiry: symbols and search. *Commun. ACM* 19 (3), 113–126.
- Nilsson, N.** (2009). *The Quest for Artificial Intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Odell, S.** (1984). On the possibility of Natural Language Processing: Some philosophical objections, *11* (1-2), 127-146.
- O'Regan, G.** (2012). *A Brief History of Computing*. (2nd Ed.) Springer, Volag, London Limited.
- Peirce, C. S.** (1994). *1931-1958. The Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Russell. S.J., Norvig, P., Canny, J.F., Malik. J.M. & Edwards D.D.** (1995). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Rumelhart, D., Hinton, G. ve McClelland, James.** (1986). A general framework for parallel distributed processing. *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition. 1* (45-76).
- Saussure, F., Culler, J.D., Bally, C, Sechehaye., & Baskin, W.** (1974). *Course in General Linguistics*. London: Fontana.
- Searle J.** (1980) *Minds, Brains and Programs*. California, CA : University of California.
- Seker, S. E. (2015).** Doğal dil işleme (Natural language processing). *YBS Ansiklopedi*, 2 (4), 14-22.
- Sowa, J.** (2000). Ontology, metadata, and semiotics. Conceptual Structures. *Logical, Linguistic, and Computational Issues*. 55-81. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Teigens, V.** (2019). *Yapay Genel Zekâ*. (C.S.B. Equipment, Ed.). Cambridge: Standford Books.
- Turing, A.M.** (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, 433-460.
- Turing, A.M.** (1937). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2 (1), 230–265.
- Wiener, N.** (1948). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Technology Press.
- Vogt, P.** (2006). *Language Evolution and Robotics: Issues on Symbol Grounding and Language Acquisition*. Artificial Cognition Systems, Idea Group Press.

Torque Control for Interior Mounted Permanent Magnet Synchronous Motors Based on Third Harmonic Injection Pulse Width Modulation

Osman Emre ÖZÇİFLİKÇİ¹

Mikail KOÇ²

Introduction

Permanent magnet synchronous motors (PMSM) are widely used due to their high efficiency, high power density and controllability over a wide speed range (Yan, 2015). Interior Mounted-PMSMs are a type of PMSMs and due to their reluctance torque generation capacity, the torque capacity is higher (Dwivedi, Laursen, & Hansen, 2010). Therefore, IPM motors are used in areas where high torque capacity motors are required, such as electric vehicle technology (Li & Liu, 2019).

The efficiency of the drive systems of IPM motors, combined with the efficiency of the motor itself, may shows better performance in applications where it is used. Therefore, each part in the drive system must be designed to have the least loss. Hence, the necessary pulse width modulation (PWM) strategies should be used to drive the inverters used to drive 3-phase motors. In the literature, sinusoidal PWM (SPWM) (Liu & Shang, 2021; Mahto, Mishra, & Bansal, 2020), third harmonic injection PWM (THIPWM) (Albatran, Allabadi, Khalaileh, & Fu, 2021) and space vector PWM (SVPWM) (Li, 2014; Sharifian, Herizchi, & Firouzjah, 2009; Tiecheng, Ce, Ningbo, Deyan, & Sanling, 2012) switching strategies are widely used. In this study, the driver system of the IPM motor is designed using the THIPWM switching strategy.

Initially, the control system was modeled with the help of Clark and Park transformations on the dq-axes so that it can be easily controlled as a direct current motor of a 3-phase motor. Then, a closed-loop control system was created in which the error value is driven to zero by comparing the current values fed back from the motor and the command currents requested from the driver. After providing the control process with the help of PI regulators, the voltage values on the dq-axes were defined in the ABC frame and modulated in the PWM block. The generated pulses are applied to the inverter legs and a 3-phase output voltage is obtained. Although dq-axes can be converted to ABC frame mathematically in the simulation environment, inverter and PWM strategy are used to make the simulation results realistic. In addition, the maximum voltage value that the THIPWM strategy can use in real life is also limited in simulation. Since the motor parameters used in the simulation are from a real motor parameters, the designed drive system is applicable in real life.

¹ Osman Emre ÖZÇİFLİKÇİ, Torque Control for Interior Mounted Permanent Magnet Synchronous Motors Based on Third Harmonic Injection Pulse Width Modulation, Kırşehir Ahi Evran University, Electrical-Electronic Engineering,

² Mikail KOÇ, Torque Control for Interior Mounted Permanent Magnet Synchronous Motors Based on Third Harmonic Injection Pulse Width Modulation, Kırşehir Ahi Evran University, Electrical-Electronic Engineering

I. Method

a) IPM Motor Modelling

The motor equations obtained by using Clark and Park transformations used for the transition from the ABC frame to the dq-axes in the modeling of alternating current motors are given by (1)-(4) (Sun, Wang, & Chen, 2015).

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Psi_d \\ \Psi_q \end{bmatrix} + \omega \begin{bmatrix} -\Psi_q \\ \Psi_d \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} \Psi_d \\ \Psi_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_d & 0 \\ 0 & L_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Psi_m \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$T_e = \frac{3p}{2} [\Psi_d I_q - \Psi_q I_d] \quad (3)$$

$$T_e = \frac{3p}{2} (\Psi_m I_q - I_d I_q (L_q - L_d)) \quad (4)$$

$V_d, V_q, i_d, i_q, \psi_d$ ve ψ_q represent the d- and q- axes voltage (V), current (A) and flux (Wb) values, respectively. The expressions R, L_d, L_q ve Ψ_m represent the stator resistance (ohm), the d- and q- axes inductance values (H), and the constant flux value of the magnets (Wb), respectively. The values of ω, T_e and p represent electrical speed (rad/s), electromagnetic torque (N.m), and number of poles, respectively.

b) THIPWM Strategy

SPWM strategy is widely used in motor drives due to its easy implementation and simplicity. However, since the DC bus usage rate of SPWM is low, THIPWM strategy has been found as a solution to deal with this problem. Although the application method is the same as SPWM, the DC bus utilization rate is increased by injecting third harmonic components into the reference voltage values. Equations of THIPWM strategy are as in (5)-(7).

$$V_a = \frac{2}{\sqrt{3}} * (\sin \theta + \frac{1}{6} \sin 3\theta) \quad (5)$$

$$V_b = \frac{2}{\sqrt{3}} * (\sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) + \frac{1}{6} \sin 3\theta) \quad (6)$$

$$V_c = \frac{2}{\sqrt{3}} * (\sin(\theta + \frac{2\pi}{3}) + \frac{1}{6} \sin 3\theta) \quad (7)$$

The voltage values on the dq-axes obtained from the PI regulators are defined in the ABC frame with the help of inverse Clark and Park transform matrices. Then, the sinusoidal waves in the obtained ABC frame are compared with a high frequency carrier wave to obtain PWM signals. When THIPWM strategy is used in motor drives, θ value shows the measured instantaneous rotor position of the motor. The block diagram of the proposed drive system, in which the motor is driven using the THIPWM strategy, is as in Figure 1.

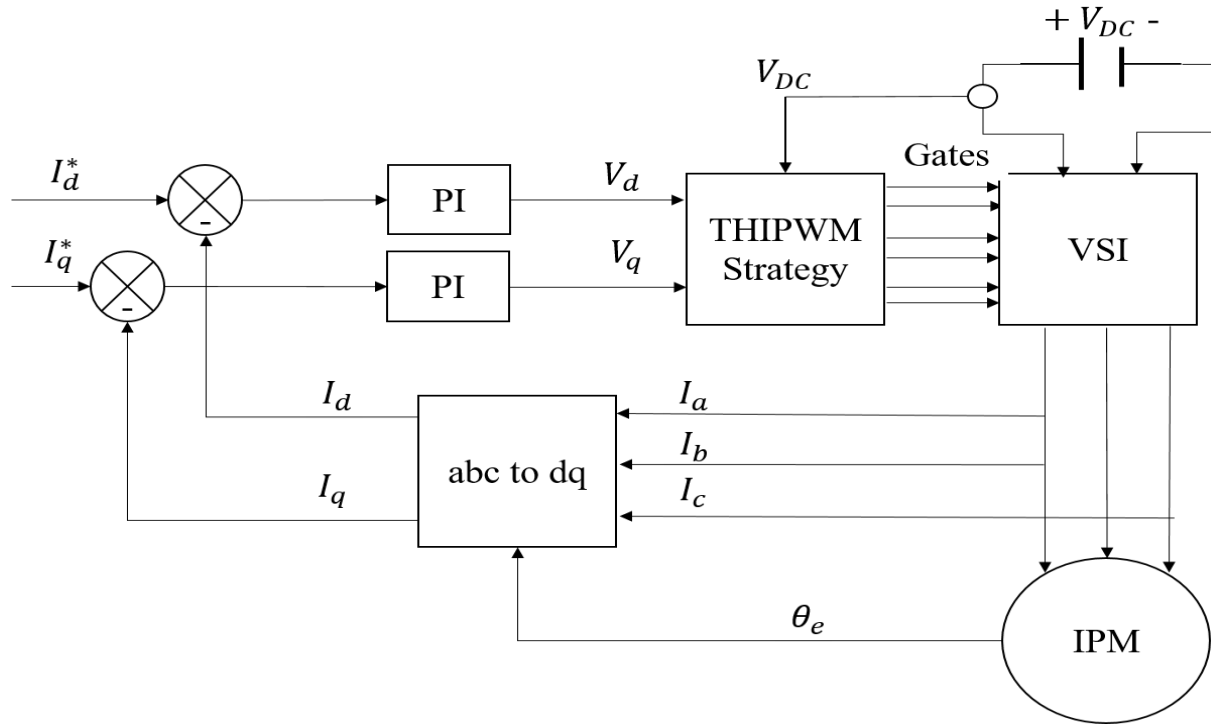


Figure 1: The Proposed Drive System

II. Simulation Results

The parameters of the motor used in the simulation are given in Table 1. The THIPWM strategy switching frequency was determined as 5 kHz and the results were obtained by running the simulation for 1 sec. The motor was tested at different torque and speed values by operating the drive system according to the torque-speed profiles given in Figure 2.

Table 1: Prototype Motor Parameters

Motor Type	Interior Permanent Magnet Synchronous Motor
Phase Number/ Pole Number	3/8

Nominal Speed	2500 rpm	@120 V DC
Continuous Torque	15.7 N.m	@51.6 A rms
Continuous Power	4.1 kW	@120 V DC
Input Voltage Range	12V-600V	
Nominal d Axes Inductance	0.282 mH	
Nominal q Axes Inductance	0.0828 mH	
Nominal Stator Flux Magnitude	0.0182 Weber	
Nominal Phase Resistance	0.0463 ohm	
Inertia	0.0072 kg.m ²	

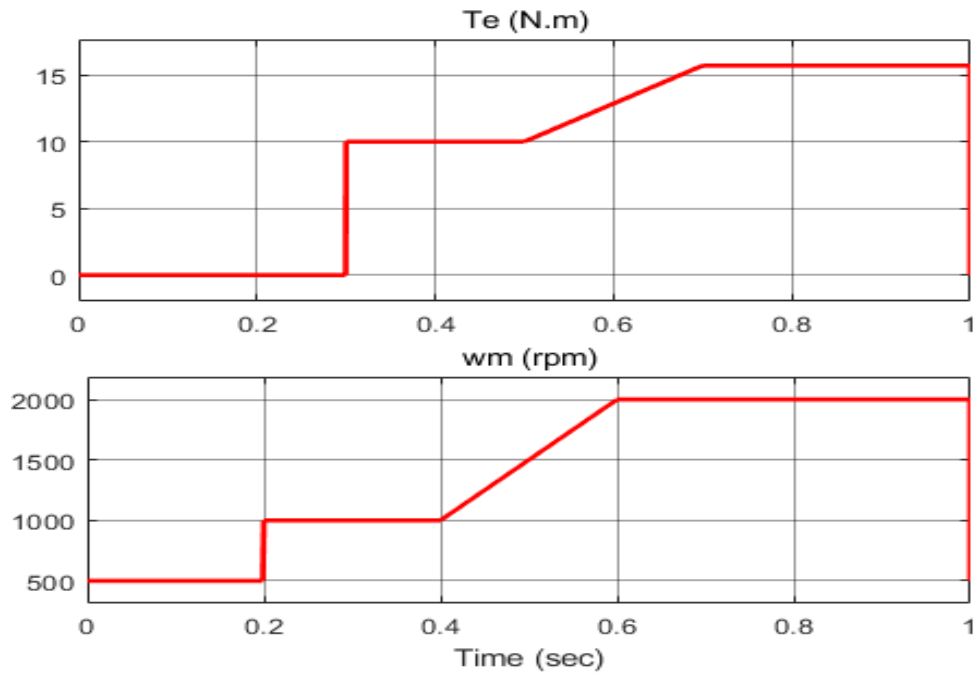


Figure 2: Torque-Speed Profile

In the drive system, while the mechanical speed value was 500 rpm, the command torque value was 0 N.m, that is, the motor was operated for 0.2 sec at no load. The drive system has been shown to meet the no-load references. By 0.2 sec, the mechanical speed value was increased to 1000 rpm with the help of the step function, and it was observed that the electromagnetic torque and dq-axes current values met the command currents. In other words, even if the speed change is made while the drive system is unloaded, it meets the electromagnetic torque demanded from the system.

In 0.3 sec, the motor was loaded with 10 N.m electromagnetic torque and it was observed that the drive system met the demanded torque at constant speed. In addition, it can be seen that the system produces the desired output in the steady state by operating the driver at 1000 rpm and 10

N.m electromagnetic torque for 0.1 sec. Subsequently, the transient performance of the drive was investigated by changing the reference electromagnetic torque and mechanical speed value with the ramp function. As can be seen from Figure 3, possible scenarios have been tested and the simulated drive has successfully completed the control process at all test points.

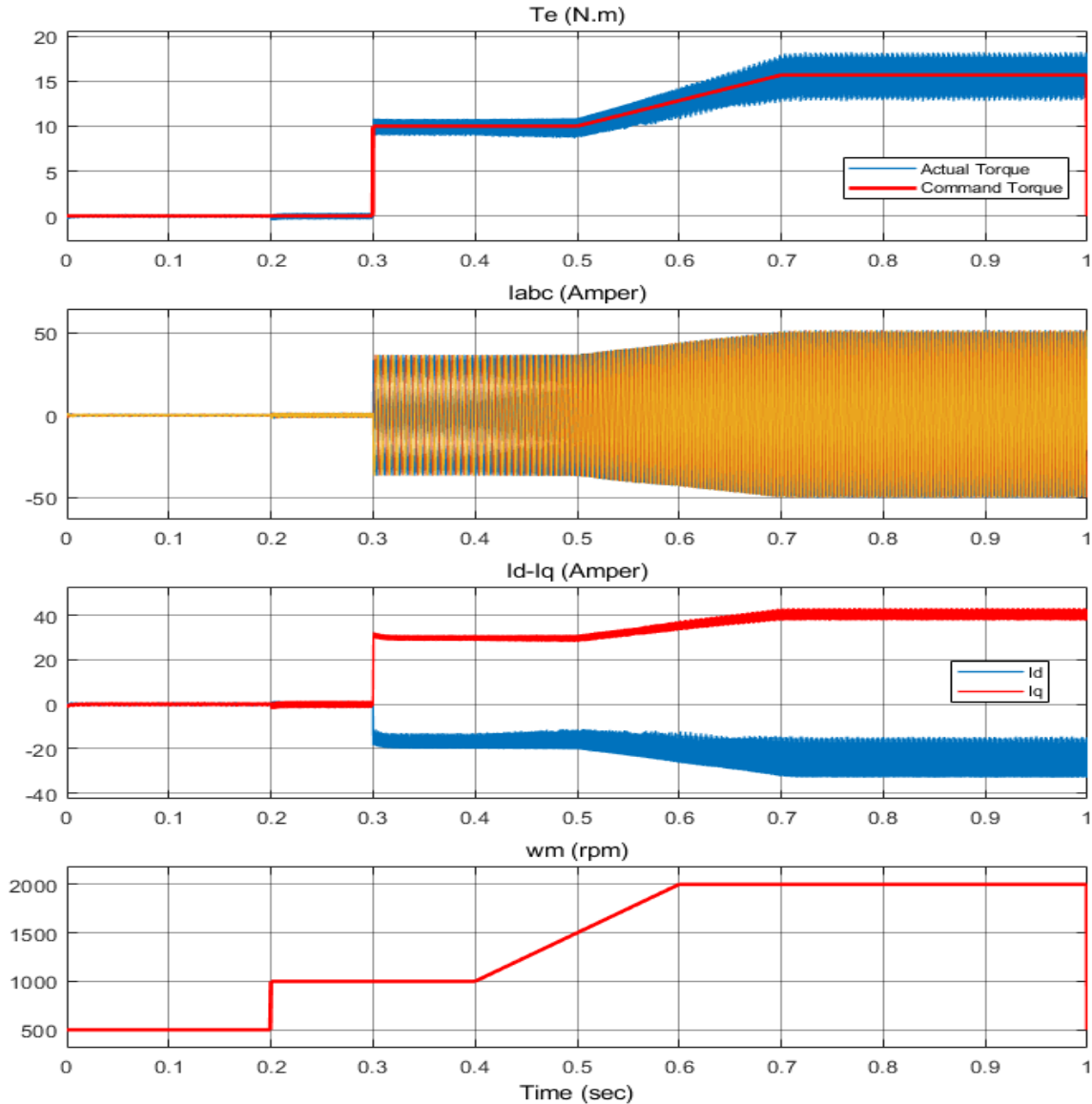


Figure 3: Validation of Drive System

III. Conclusion

In this study, drive simulations of IPM motors, which are frequently used in practical applications due to their superior properties, are performed. It has been observed that the IPM driver successfully provides torque control in the model created using the THIPWM strategy, which was developed as an alternative due to the low DC bus usage rate of the SPWM strategy. It was observed that the drive tracked the reference values at each of the test points in the torque-speed profile determined by considering different scenarios. Using the simulated drive system, tracking the reference values

correctly, and having good steady state and transient performance provide significant advantages in the areas of IPM motor applications. In addition, increasing the DC bus utilization rate with the use of the THIPWM strategy will also provide advantages in applications.

Acknowledgement

This study has been supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) through the Scientific and Technological Research Projects Funding Program (1001) with a project numbered as 118E858.

References

- Albatran, S., Allabadi, A. S., Khalaileh, A. R. A., & Fu, Y. (2021). Improving the performance of a two-level voltage source inverter in the overmodulation region using adaptive optimal third harmonic injection pulsewidth modulation schemes. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 36(1), p.1092-1103. doi: 10.1109/TPEL.2020.3001494
- Dwivedi, S. K., Laursen, M., & Hansen, S. (2010, 4-7 July 2010). *Voltage vector based control for PMSM in industry applications*. Paper presented at the 2010 *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, Bari, Italy.
- Li, L. (2014, 31 May-2 June 2014). *DSP based digital control system implementation of permanent magnet synchronous motor*. Paper presented at the *The 26th Chinese Control and Decision Conference (2014 CCDC)*, Changsha, China.
- Li, L., & Liu, Q. (2019). Research on IPMSM drive system control technology for electric vehicle energy consumption. *IEEE Access*, 7, p. 186201-186210. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2958944
- Liu, C., & Shang, J. (2021). Sensorless drive strategy of open-end winding pmsm with zero-sequence current suppression. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, p. 1-1. doi: 10.1109/TEC.2021.3069891
- Mahto, R. K., Mishra, A., & Bansal, R. C. (2020). A reduced switch five-level VSI for high-performance vector controlled PMSM drive. *Electric Power Components and Systems*, 48(12-13), p. 1433-1443. doi: 10.1080/15325008.2020.1854387
- Sharifian, M. B. B., Herizchi, T., & Firouzjah, K. G. (2009, 4-6 Oct. 2009). Field oriented control of permanent magnet synchronous motor using predictive space vector modulation. Paper presented at the 2009 *IEEE Symposium on Industrial Electronics & Applications*, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Sun, T., Wang, J., & Chen, X. (2015). Maximum Torque Per Ampere (MTPA) control for interior permanent magnet synchronous machine drives based on virtual signal injection. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 30(9), p. 5036-5045. doi: 10.1109/TPEL.2014.2365814
- Tiecheng, S., Ce, L., Ningbo, L., Deyan, G., & Sanling, X. (2012, 2-5 June 2012). Design of PMSM vector control system based on TMS320F2812 DSP. Paper presented at the *Proceedings of The 7th International Power Electronics and Motion Control Conference*, Harbin, China.
- Yan, G. (2015, 26-27 Aug. 2015). Simulation for the vector control algorithm of permanent magnet synchronous motor. Paper presented at the 2015 *7th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, Hangzhou, China.

A Consumption Related Knowledge Sharing Behavior Analysis By Applying Multiple Regression Algorithms

Özerk YAVUZ¹

Introduction

With the advancements in information and communication technologies, new community types and definitions took place. In this study consumption related knowledge sharing behavior in virtual communities and antecedents of this behavior is analyzed. For this purpose a conceptual model has been developed following the literature review. After reaching to the required sample size of the study, a quantitative research methodology has been applied and the model tested. Based on the analysis results it has been found out that we-intention, online word of mouth behavior and perceived usefulness are important antecedents of consumption related knowledge sharing behavior in virtual communities.

Communities and community related behaviors have been long in the focus of many scholars. Therefore it is possible to find several studies focusing on understanding communities and community related behaviors in literature. It is seen that early definitions of communities date back to 1967's which start with Ferdinand Tönnies' former definition of the concept (Tönnies, 1967). Ferdinand Tönnies, a nineteenth century German sociologist, in his Community and Society book highlights the distinction between society and community where he defines community (Gemeinschaft) as intimate, private and exclusive living together whereas society (Gesellschaft) as the public life, that is the world itself (Tönnies,1967).

Later with the advancements in information and communication technologies, new community types and definitions took place. According to one of the most known definitions of Rothaermel, a virtual community is similar to a community of mind described by Tönnies except that it is formed through an electronic communication medium and is not bound by space and time (Rothaermel, 2000). Alternatively Strauss indicates that a virtual community is similar to other community forms as it allows for social interactions among its members using various internet tools and exhibits certain community standards and rules for facilitating these social interactions (Strauss, 1978).

2. Literature Review

2.1. Virtual Communities

Virtual communities are community based formations in the virtual environments therefore it's worth noting early traditional community definitions available in literature. Webster defines community as a social group of any size whose members reside in a specific locality, share government and often have a common cultural and historical heritage. Communities generally hold a social, religious, occupational or other group sharing common characteristics or interests and are perceived or perceiving it as distinct in some respect from the larger society within which it exists (Webster's, 2011).When the root of the word "community" is investigated it's seen that the word community is

¹ Özerk Yavuz, Asst. Prof. Dr., Haliç University, Management Information Systems

derived from the Old French *communité* in the late 14th century which is derived from the Latin *communitas* (*cum*, "with/together" + *munus*, "gift"), a broad term for fellowship or organized society (Merriam Webster, 2011).

Community concept, which has been defined in several ways in many years, later found place and was adapted to virtual environments after the emergence in communication and information technologies while preserving some of its traditional characteristics whereas changing some of the characteristics that it possess. Accordingly scholars coined several virtual community definitions each approaching virtual communities from different perspectives. Hagel defines a virtual community as a network of people with common interests communicating with each other electronically whereas according to Porter a virtual community is an aggregation of individuals or business partners who interact around a shared interest, where the interaction is at least partially supported and/or mediated by technology and guided by some protocols or norms (Hagel and Armstrong, 1998; Porter, 2004). Alternatively Plant defines it as a collective group that come together either temporarily or permanently through an electronic medium to enable the interaction of entities, individuals or organizations in a common problem or interest space (Plant, 2004).

In literature it is seen that perceived usefulness (Davis, 1989 ; Dong, 2008), perceived ease of use (Davis, 1989), opinion leadership (Rogers 2003; Flynn et al., 1996; Lazarsfeld, 1944, Andersen, 1971; Bettinghau, 1987), social comparison (Festinger, 1954; Kim, 2006; Vassileva, 2007), online word of mouth behavior (Hennig et al., 2004), we-intention (Dholakia, 2004) and consumption related knowledge sharing behavior (Ajzen, 1991, 2006; Davenport and Prusak ,1998) have been the main constructs of the model.

3. Research Model

Following the literature review of the study, a research model has been formed considering some of the theories and models evolved over time. In the research model, perceived ease of use refers to the degree to which the prospective user expects the technology to be free of effort whereas perceived usefulness refers to the degree which a person believes whether using a particular system would enhance his or her job performance (Dong, 2008). Both perceived easiness and usefulness hypothesised to have a positive influence on consumption related knowledge sharing behavior in virtual communities.

Perceived usefulness refers to the degree to which a person believes that using a particular system would enhance his or her performance (Davis, 1989; Dong, 2008). As it is indicated by Porter, in the technology acceptance model, perceived usefulness and perceived ease of use are the beliefs that are presumed to influence attitudes toward new technology (Porter, 2006).

In literature, opinion leaders are defined as individuals that provide informal, consumption related advice to other consumers and have an important role in the influence of customers and their decision making processes. In this context according to Vuuren, opinion leaders often provide information and advice to their followers; therefore they are likely to influence purchasing behavior through word of mouth communication (Vuuren, 2007). Kotler defines an opinion leader as someone who can influence members in the social community because of special techniques, knowledge, personalities, and other uniqueness (Kotler, 1998). As Flynn indicates opinion leaders are in a tendency to give advice whereas opinion seekers are in a tendency to ask for it (Flynn et al., 1996). It is expected that individuals or consumers who have opinion leadership characteristics to join virtual communities for sharing their knowledge time to time. Opinion leadership is hypothesised to have a positive influence on consumption related knowledge sharing behavior.

Social comparison construct used in the model refers to the drive within individuals to look to outside images in order to evaluate their own opinions, abilities, enhance their self images which is

based on Festinger's social comparison theory that focuses on explaining and understanding tendencies of individuals in evaluating and comparing their own opinions and desires with others (Festinger, 1954; Kim, 2006). Today individuals make these comparisons via other individuals' (members') profiles in virtual communities. Social comparison hypothesised to have a positive influence on consumption related knowledge sharing behavior.

Online word of mouth behavior used in the model which base on Arndt's word of mouth who he defines it as an oral, person to person communication between a receiver that is non commercial, regarding a brand, product or service and a communicator who informs the receivers (Arndt, 1967). In this context online word of mouth behavior construct used in the model refers to any positive or negative statement made by potential, actual, or former customers about a product or company, which is made available to a multitude of people and institutions via Internet (Hennig et al., 2004 ; Sun, 2006). Accordingly online word of mouth behavior is hypothesised to have a positive influence on consumption related knowledge sharing.

We-intention construct used in the model refers to Dholakia's respective construct which he defines as intentions to participate together as a group which is a function of both Individual determinants (i.e., attitudes, perceived behavioral control, positive, and negative anticipated emotions) and social determinants (i.e., subjective norms, group norms, and social identity) (Dholakia, 2004). Some form of the consumption related knowledge sharing is expected to be performed in a group setting with the other communities or group members of the individual therefore we-intentions hypnotized to have a positive influence on consumption related knowledge sharing behavior.

Finally consumption related knowledge sharing behavior refers to the behavior of sharing consumption related knowledge in virtual communities where behavior is defined as an observable response in a given situation with respect to a given target which is a function of compatible intentions and perceptions of behavioral control in literature (Ajzen, 1991, 2006; Davenport and Prusak ,1998 and Wasko and Faraj, 2005).

4. Research Methodology

4.1. Measures

Following an intensive literature review and the formation of the conceptual framework of the study, scales used to measure respective constructs have been adapted from the studies available in literature empirically and tested accordingly.

4.2. Data Collection and Sampling Method

As suggested in literature over 385 observations has been found sufficient for the sample size values with an error of 5% and a confidence level of 95% (Águila et. al.,2014; Lemeshow et.al.,1990; Yau, 2013).In literature used formula to calculate this has been $n = t^2 \times (p \times q) / e^2$ where n refers to sample size, p refers to proportion, percentage or presence of the study characteristics (In literature it is suggested that when we have no prior values for the proportions to be estimated, we can use p- and q-values as 50%.) $q=1-p$, e refers to margin of error; $t = 1.96$ (with 95% confidence level). Based on that, $n = 1.962 \times 0.5 \times 0.5 / 0.052$ sample size has been found 384.16 and rounded to 385 Águila et. al.,2014; Lemeshow et.al.,1990; Yau,2013; survey monkey site-sample size calculator, 2017).

5. Data Analysis and Findings

5.1. Validity and Reliability of the Measures

Reliability of the constructs have been assessed and evaluated considering suggested lower limit of Cronbach's alpha in literature. With the sample size of 425 it has been seen that all Cronbach alpha values for the respective constructs have a value of higher than .70, in other words all the

constructs used in the research model are statistically reliable and can be regarded as reliable constructs of the research model. (Hair et al., 2006; Nunnally, 1978; Cronbach, 1951)

5.2. Exploratory Factor Analysis and Reliability Assessment

For an exploratory understanding of the constructs an exploratory factor analysis has been conducted. The seven factors used in the model were extracted based on the principal component method which is to say that the eigen values of all factors bigger than one (Hair et al., 2006). The KMO measure of sampling adequacy (Kaiser, 1970) and Bartlett Test of Sphericity demonstrated that the EFA was applied correctly for all the constructs meaning KMO values for all the constructs found to be equal and higher than 0.50 which is the suggested cut-off point of the measure in literature (Kaiser,1970). Also Bartlett Test of Sphericity (BTS) suggested that the bivariate correlations among the scales' items were significantly different from zero($p=0.000$) for all seven factors used in the model. Lastly Cronbach alpha statistics for each factor has been found significant and bigger than the cut-off point 0.70 (Nunnally, 1978).

5.3. Confirmatory Factor Analysis and Reliability Assessment in SEM

As it is stated by Karahoca, reliability and validity analysis is used in the assessment of the model in SEM. For this, composite reliability, convergent validity and discriminant validity criteria should be met for the reliability and validity of the model that is being used (Karahoca, 2018).

Based on the confirmatory factor analysis results, it is confirmed that the composite reliability of the scales used in the study which reflects the internal consistency of the measurement model found to be reliable since it reaches the suggested lower limit of this measure 0.60 in literature (Dholakia and Yi, 1995).

In assessing convergent validity as suggested in research literature two criteria taken into consideration which were composite reliability should exceed average variance extracted and average variance extracted should be above 0,50 threshold (Anderson, 2010). According to that all constructs found to have a high convergent validity(Anderson, 2010).

Finally discriminant validity of the respective constructs have been assessed based on the criteria that MSV should be less then AVE and ASV should be less then AVE (Anderson, 2010). Based on these results it is seen that required discriminant validity criteria for all of the constructs met.

5.4. Results of the Hypothesis Tests

Table 1: Multiple Regression Analysis Results

Dep. Variable: Consumption Related Knowledge Sharing Behavior	Beta	t value	P value
Independent Variables:			
Opinion Leadership	,109	2,760	,006
Social Comparison	,105	2,472	,014
We-intention	,171	3,825	,000
Online Word of Mouth Behavior	,413	8,727	,000
Perceived Ease of Use	-,105	-2,264	,024
Perceived Usefulness	,165	3,323	,001

R= 0,635 R ² = 0,403 F=46,533 P = 0,000

Based on the analysis conducted it has been found out that we-intention, online word of mouth behavior and perceived usefulness are significant predictors of consumption related knowledge sharing behavior in virtual communities whereas it has been found out that there is no significant relationship between opinion leadership, social comparison, perceived ease of use with consumption related knowledge sharing behavior in virtual communities.

6. Conclusion and Discussion

6.1. Discussion of Results

Today virtual communities became one of the important venues for consumers where participants can be organized around shared interests for sharing and seeking consumption related knowledge in different phases of the consumer decision making processes. Additionally, virtual communities became one of the primary venues where consumption related knowledge sharing behavior and word of mouth communication is taking place. As Kozinets asserts, virtual communities are considered as good source of references and venues for social interaction and it is possible to find many virtual community types that are explicitly structured around consumption related activities (Kozinets, 1997). From this point forward, understanding consumption related knowledge sharing behavior taking place in virtual communities and motivational and influential factors of this behavior hold an important value for marketers.

In the first hypothesis perceived ease of use has been hypothesised to have a positive influence on consumption related knowledge sharing behavior. In contrast to the literature review it has been found no significant relation between perceived ease of use and consumption related knowledge sharing behavior.

The second hypothesis of the research has been as perceived usefulness has a positive influence on consumption related knowledge sharing behavior this hypothesis has been accepted. The third hypothesis has been that opinion leadership has a positive influence on consumption related knowledge sharing behavior. In contrast to the literature review it has been found no significant relation between opinion leadership and consumption related knowledge sharing behavior.

In the fourth hypothesis social comparison has been hypothesised to have a positive influence on consumption related knowledge sharing behavior. In contrast to the literature review it has been found no significant relation between social comparison and consumption related knowledge sharing behavior.

The fifth hypothesis of the research has been that online word of mouth behavior has a positive influence on consumption related knowledge sharing behavior.

In the sixth hypothesis we intention has been hypothesised to have a positive influence on consumption related knowledge sharing behavior. As it is pointed out in literature today consumers use virtual communities in order to share their ideas, product and consumption related knowledge, engage word of mouth communications, build communities and contact other consumers who are seen as more objective sources of information (Kozinets, 2002). If underlying reasons of consumption related knowledge sharing behavior and respective influence of these factors on consumption related knowledge sharing behavior understood well, it would be possible to develop more effective marketing strategies and programs considering some of the underlying factors that have influence on consumption related knowledge sharing behavior.

REFERENCES

- 1.Acar, A.S. & Polonsky, M., 2007. Online social networks and insights into marketing communications. *Journal Of Internet Commerce*. 6 (4), pp. 55-72.
- 2.Águila, R.D.M., Ramírez, G.A., 2013. Series: basic statistics for busy clinicians. *Allergol Immunopathol*. 42 (5), pp. 485-492.
- 3.Ajzen, I. & Fishbein, M., 1980. *Understanding attitudes and predicting social behaviour*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- 4.Ajzen, I., 1991. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior And Human Decision Processes*. 50 (2), pp. 179-211.
- 5.Andersen, K.E., 1971. *Persuasion: Theory and practice*. Boston: Allyn and Bacon.
- 6.Armstrong, A. & Hagel III, J., 1995. Real profits from virtual communities. *The Mckinsey Quarterly*. 3, pp. 126-141.
- 7.Arndt, J., 1967. Role of product related conversations in the diffusion of a new product. *Journal of Marketing Research*. 4 (3), pp. 291-295.
- 8.Bagozzi, R.P. & Dholakia U.M., 2002. Intentional social action in virtual communities. *Journal Of Interactive Marketing*. 16 (2), pp. 2-21.
- 9.Bakardjieva, M., 2003. Virtual togetherness: an everyday-life perspective. *Media, Culture & Society*. 25 (3), pp. 291-313.
- 10.Batenburg, A. & Das, E., 2015. Virtual support communities and psychological wellbeing: the role of optimistic and pessimistic social comparison strategies. *Journal Of Computer-Mediated Communication*. 20 (6), pp. 585-600.
- 11.Bertrand, M.& Bouchard, S., 2008. Applying the technology acceptance, model to vr with people who are favorable to its use. *Journal Of Cyber Therapy And Rehabilitation*. 1 (2).
- 12.Burnett, G. & Buerkle, H., 2004. Information exchange in virtual communities: a comparative study. *Journal Of Computer Mediated Communication*. 9 (2).
- 13.Buttle, F., 1998. Word of mouth: understanding and managing referral marketing. *Journal Of Strategic Marketing*. 6, pp. 241-254.
- 14.Carlén, U., 2002. Typology of online learning communities. *Proceedings of the first international Conference of NetLearning*. 2002, Ronneby, Sweden.
- 15.Chen, C. & Hung, S., 2010. To give or to receive? factors influencing members' knowledge sharing and community promotion in professional virtual communities. *Information & Management*. 47 (4), pp. 226-236.
- 16.Chen, Y., Harper, F.M., Konstan, J. & Li, S.X., 2010. Social comparisons and contributions to online communities: a field experiment on movielens. *American Economic Review*. 100 (4), pp.1358-1398.
- 17.Cheung, M.K.C., Lee, M.K.O., Rabjohn, N., 2008. The impact of electronic word of mouth: the adoption of online opinions in online customer communities. *Journal Of Internet Research*. 18 (3), pp. 229-247.
- 18.Chieh-Peng, L. & Sheng-Wuu, J., 2012. To share or not to share: assessing knowledge sharing, interemployee helping, and their antecedents among online knowledge workers. *Journal Of Business Ethics*. (4), pp. 439.
- 19.Chieh-Peng, L., 2007. To share or not to share: modeling tacit knowledge sharing, its mediators and antecedents. *Journal Of Business Ethics*. (4), pp. 411.
- 20.Chi-Hsing, T., Hsin-Chih, K. & Jian-Ming, C., 2014. Do types of virtual community matter for the effects of online advertisement and electronic words of mouth?. *Marketing Review / Xing Xiao Ping Lun*. 11 (1), pp. 28-49.

21. Chinomona, R., 2013. The influence of perceived ease of use and perceived usefulness on trust and intention to use mobile social software. *African Journal For Physical, Health Education, Recreation & Dance*. 19 (2), pp. 258-273.
22. Chiu, C.M., Hsu M., Wang, E., 2006. Understanding knowledge sharing in virtual communities: an integration of social capital and social cognitive theories. *Decision Support Systems*. 42 (3), pp. 1872-1888.
23. Dakin, S., Arrowood A., 1981. The social comparison of ability. *Human Relations*. 34 (2), pp. 89-109.
24. Davenport, T. & Prusak, L., 1998. *Working knowledge: how organizations manage what they know*. Boston: Harvard Business Press.
25. Davis, F.D. & Venkatesh, V., 1996. A critical assessment of potential measurement biases in the technology acceptance model: three experiments. *International Journal of Human Computer Studies*. 45 (1), pp. 19-45.
26. Davis, F.D., 1989. Perceived usefulness, perceived ease of use and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*. 13 (3), pp. 319-340.
27. Dholakia, U.M., Bagozzi, R.P. & Pearob, L.K., 2004. A social influence model of consumer participation in network and small group based virtual communities. *International Journal Of Research In Marketing*. 21, pp. 241-263.
28. Ding, G., Liu, H., Huang, Q., & Gu, J., 2017. Moderating effects of guanxi and face on the relationship between psychological motivation and knowledge-sharing in China. *Journal Of Knowledge Management*. 21 (5), pp. 1077.
29. Ertekin Özdamar, Z.T. & Atik, D.T., 2012. Word-of-mouth communication in marketing: an exploratory study of motivations behind opinion leadership and opinion seeking. *ODTÜ Gelişme Dergisi*. 39 (3), pp. 323.
30. Fishbein, M., Manfredo, M.J., 1992. *A theory of behavior change influencing human behavior: theory and applications in recreation, tourism and natural resources management*. Champaign, Illinois: Sagamore Publishing.
31. Flynn, L.R., Goldsmith, R.E., & Eastman, J.K., 1996. Opinion leaders and opinion seekers: two new measurement scales. *Journal Of The Academy Of Marketing Science*. 24 (2), pp. 137.
32. Fouad, N., 2017. Viral marketing effect on digital knowledge acquisition: whatsapp as a model. *Alexandria*. 27 (1), pp. 10-29.
33. Goldsmith, R.E. & De Witt, T.S., 2003. The predictive validity of an opinion leadership scale. *Journal Of Marketing Theory & Practice*. 11 (1), pp. 28.
34. Goldsmith, R.E. & Flynn, L.R., & Goldsmith, E.B., 2003. Innovative consumers and market mavens. *Journal Of Marketing Theory & Practice*. 11 (4) .
35. Goldsmith, R.E. & Horowitz, D., 2006. Measuring motivations for online opinion seeking. *Journal of Interactive Advertising*. 6 (2), pp. 1-16.
36. Groeger, L. & Buttle, F., 2014. Word-of-mouth marketing influence on offline and online communications: evidence from case study research. *Journal Of Marketing Communications*. 20 (1/2), pp. 21-41.
37. Hagel, J. & Armstrong, A.G., 1997. *Net gain: expanding markets through virtual communities*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
38. Hair, J., Black, W., Babin, B. & Anderson, R., 2010. *Multivariate data analysis*. NJ: Prentice Hall.
39. Hennig, T. 2004. Electronic word of mouth via consumer opinion platforms: what motivates consumers to articulate themselves on the internet. *Journal of Interactive Marketing*. 18 (1), pp. 38-52.

- 40.Hsien-Tung, T. & Bagozzi, R.P., 2014. Contribution behavior in virtual communities: cognitive, emotional, and social influences. *MIS Quarterly*. 38 (1), pp. 143-A3.
- 41.Hsiu-Fen Lin, H., 2009. Examination of cognitive absorption influencing the intention to use a virtual community. *Behaviour & Information Technology*. 28 (5), pp. 421-431.
- 42.Hsu S.L. & Liao, Y.C., 2007. Antecedents of group related and brand related behavior of participants in web based brand communities. *International Conference On Business And Information*, Tokyo, Japan
- 43.Hummel, J. & Lechner, U., 2002. Social profiles of virtual communities. *Proceedings of the 35th Hawaii International Conference On Systems Sciences*, Hawaii.
- 44.Karahoca, A., Karahoca, D., Aksöz, M., 2018. Examining intention to adopt to internet of things in healthcare technology products. *Kybernetes*. 47 (4), pp. 742-770.
- 45.Karaoglan Yilmaz, F., 2017. Social presence and transactional distance as an antecedent to knowledge sharing in virtual learning communities. *Journal Of Educational Computing Research*. 55 (6), pp. 844-864.
- 46.Kim, J.K., Song, J., 2006. Social influence process in the acceptance of a virtual community service. *Journal Of Information Systems Frontiers*. 8 (3), pp. 241-252.
- 47.Kotler, P., 1998. *Marketing management*. England: Prentice Hall.
- 48.Kozinets, R.V. 1997. I want to believe: a netnography of the x-philes' subculture of consumption. *Advances in Consumer Research*. 24, pp. 470-475.
- 49.Kozinets, R.V., 1999. E-tribalized marketing?: the strategic implications of virtual communities of consumption. *European Management Journal*. 17 (3), pp. 252-264.
- 50.Kozinets, R.V., De Valck, K., Wojnicki, A.C. & Wilner, S.J., 2010. Networked narratives: understanding word-of-mouth marketing in online communities. *Journal Of Marketing*. 74 (2), pp. 71-89.
- 51.Krishnamurthy, S. 2003. *E-commerce management Text and cases*. South Western: Division of Thompson Learning.
- 52.Kwon, H., 2000. A test of the technology acceptance model the case of cellular telephone adoption. *Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences 2000*, Hawaii.
- 53.Lazarsfeld, P., Berelson, B. & Gaudet, H., 1944. *The people's choice: how the voter makes up his mind in a presidential campaign*. New York: Columbia University Press.
- 54.Lemeshow S., Hosmer D.W., Klar J. & Lwanga S.K., 1990. *Adequacy of sample size in health studies*. Chichester: John Wiley And Sons.
- 55.Li, J., 2015. Knowledge sharing in virtual communities: a social exchange theory perspective. *Journal Of Industrial Engineering And Management*. 8 (1), pp 170-183.
- 56.Li, S.Y. & Hung, K.H., 2007. The influence of ewom on virtual consumer communities: social capital, consumer learning and behavioral outcomes. *Journal Of Advertising Research*. 47 (4).
- 57.Lin, H., 2007. The role of online and offline features in sustaining virtual communities: an empirical study. *Internet Research*. 17 (2), pp. 119-138.
- 58.Lin, J., Hung, S. & Chen, C. 2009. Fostering the determinants of knowledge sharing in professional virtual communities. *Computers In Human Behavior*. 25 (4), pp. 929-939.
- 59.Malhotra N. K., Dash S., 2011. *Marketing research an applied orientation*. London: Pearson Publishing.
- 60.Malhotra, N.K., 2005. *Basic marketing research: a decision making approach*. NJ: Prentice Hall.
- 61.Michna, A., 2018. The mediating role of firm innovativeness in the relationship between knowledge sharing and customer satisfaction in SMEs. *Engineering Economics*. 29 (1), pp. 93-103.
- 62.Okazaki, S., 2009. Social influence model and electronic word of mouth pc versus mobile internet. *International Journal Of Advertising*. 28 (3), pp. 439-472.

- 63.Panda, R. & Kapoor, D., 2017. Relationship between information systems integration, innovation and consumer based commitment practices for knowledge sharing in creating power brands. *Trziste / Market*. 29 (1), pp. 59-74.
- 64.Petty, R.E. & Cacioppo, J.T., 1986. *Communication and persuasion: central and peripheral routes to attitude change*. New York, NY: Springer Verlag.
- 65.Pi, S. & Cai, W., 2017. Individual knowledge sharing behavior in dynamic virtual communities: the perspectives of network effects and status competition. *Frontiers Of Business Research In China*. 11 (1).
- 66.Plant, R., 2004. Online communities. *Technology In Society*. 26, pp. 51-65.
- 67.Preece, J., 2000. *Online communities. designing usability, supporting sociability*. Chichester, England: John Wiley & Sons.
- 68.Preece, J., Maloney-Krichmar, D. & Abras, C., 2003. History and emergence of online communities. *encyclopedia of community*. Great Barrington, MA, United States: Berkshire Publishing.
- 69.Rao, A., 2007. *Technology acceptance model for complex technologies in a period of rapid catching up*, Social Science Research Network.
- 70.Riivits-Arkonsuo, I. & Leppiman, A., 2014. Online word-of-mouth on brands and experience marketing. *Journal Of Management & Change*. 32/33 (1/2), pp. 43-55.
- 71.Robertson, T.S., 1971. *Innovative behavior and communication*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- 72.Rogers, E.M., 1962. *The diffusion of innovations*. New York: Free Press.
- 73.Rogers, E.M., 2003. *Diffusion of innovations*. 5. Edition. New York: Free Press
- 74.Sheth, J.N. 1971. Word of mouth in low risk innovations. *Journal of Advertising Research*. 11 (3), pp. 15–18.
- 75.Shin, D.H., 2008. Understanding purchasing behaviors in a virtual economy: consumer behavior involving virtual currency in web 2.0 communities. *Interacting With Computers*. 20 (4-5), pp. 433-446.
- 76.Shin-Yuan, H., Hui-Min, L. & Yu-Che, C. 2015. Knowledge-sharing intention in professional virtual communities: a comparison between posters and lurkers. *Journal Of The Association For Information Science & Technology*. 66 (12), pp. 2494-2510.
- 77.Shoham, A. & Ruvio, A., 2008. Opinion leaders and followers: a replication and extension. *Psychology & Marketing*. 25 (3), pp. 280-297.
- 78.Sun, T., Youn, S., Wu, G. & Kuntaraporn, M., 2006. Online word-of-mouth (or mouse): an exploration of its antecedents and consequences. *Journal of Computer-Mediated Communication*. 11 (4), pp. 1104-1127.
- 79.Surveymonkey, 2017. <https://www.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/> [date accessed 28 October 2017]
- 80.Tamjidyamcholo, A. & Kumar, S. & Sulaiman, A. & Gholipour, R., 2016. Willingness of members to participate in professional virtual communities. *Quality & Quantity: International Journal Of Methodology*. 50 (6), pp. 2515-2534.
- 81.Teo, H.H., 2003. Evaluating information accessibility and community adaptivity features for sustaining virtual learning communities. *International Journal of Human Computer Studies*. 59 (5), pp. 671-697.
- 82.Terry L. & Childers, A., 1986. Assessment of the psychometric properties of an opinion leadership scale. *Journal Of Marketing Research*. (2), pp. 184.
- 83.Tönnies, F., 1912. *Gemeinschaft und gesellschaft*. 2. Edition. Berlin: Curtius.
- 84.Tönnies, F., 1967. *Gemeinschaft und gesellschaft*. 2. Edition. London: Frank Cass And Co. Ltd.

85. Tsai, M., Cheng, N. & Chen, K., 2011. Understanding online group buying intention: the roles of sense of virtual community and technology acceptance factors. *Total Quality Management & Business Excellence*. 22 (10), pp. 1091-1104.
86. Vassileva, J. & Sun, L., 2008. Using community visualization to stimulate participation in online communities. *E-Service Journal*. 6 (1). pp. 3–39.
87. Verbeke, W., Belschak, F.D., Bagozzi, R.P., & Wuyts, S., 2011. Gaining access to intrafirm knowledge: an internal market perspective on knowledge sharing. *Human Performance*. 24 (3), pp. 205-230.
88. Virnoche, M. & Gary M. 1997. Only connect e.m. forster in an age of electronic communication: computer mediated association and community networks. *Sociological Inquiry*. 67 (1), pp. 85-100.
89. Vuuren, D. & Joubert J.P.R., 2007. Looking for opinion leaders: traditional vs. modern measures in traditional societies. *International Journal of Public Opinion Research*. 19 (2), pp. 173-190.
90. Wang, H., 2011. Understanding online community participation: a technology acceptance perspective. *Proceedings Of Internet Research*.
91. Wasko, M. & Faraj, S., 2005. Why should I share? examining social capital and knowledge contribution in electronic networks of practice. *MIS Quarterly*. 29 (1), pp. 35-37.
92. Webster, 2011. <https://www.merriam-webster.com/> [date accessed 1 January 2011]
93. Wilson, E.J. & Sherrell, D.L. 1993. Source effects in communication and persuasion research: A meta analysis of effect size. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 21 (2), pp. 101-112.
94. Yang, J., 2015. Effect of internal marketing on knowledge sharing and organisational effectiveness in the hotel industry. *Total Quality Management & Business Excellence*. 26 (1/2), pp. 76-92.
95. Yao, C., Tsai, C. & Fang, Y., 2015. Understanding social capital, team learning, members' e-loyalty and knowledge sharing in virtual communities. *Total Quality Management & Business Excellence*. 26 (5/6), pp. 619-631
96. Yau C., 2013, R tutorial with bayesian statistics using openbugs.

Use of Electro-Spin Spectroscopy Method in Determining the Oxidation Stability of Oils

Tuğba DEDEBAŞ¹

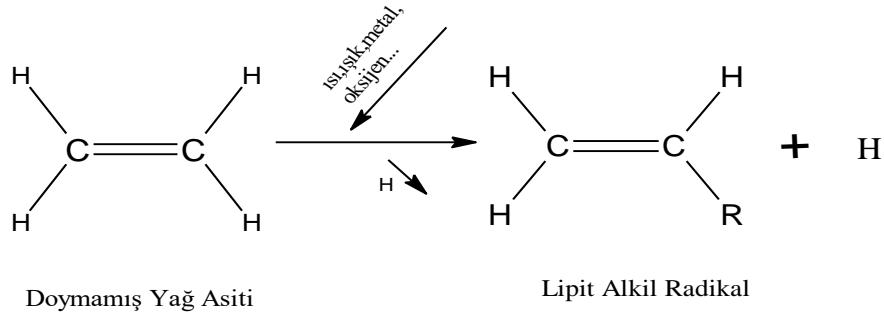
GİRİŞ

Dünya nüfusunun artmasıyla beraber yenilebilir yağların tüketim oranında da hızlı bir artış meydana gelmiştir (Karamani vd., 2020:1). Yenilebilir yağlar, çoğunlukla yağlı tohumlardan ve bitkilerin kök, yaprak gibi organlarından elde edilirler temin edilir ve insan beslenmesinde önemli yer alan triaçilgliseroller, çoklu doymamış,tokoferoller, karotenoidler, yağ asitleri, yağda çözünen vitaminleri, fenolik ve antioksidan bileşikleri içermektedirler (Lu vd., 2019:1; Dedebaş vd., 2021:1)

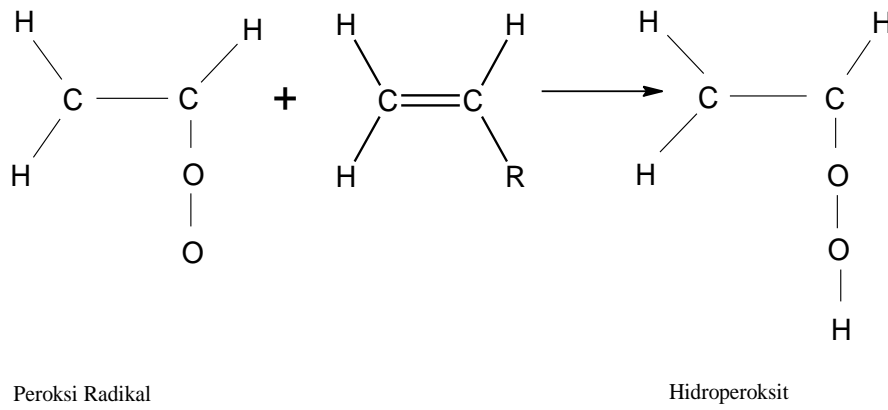
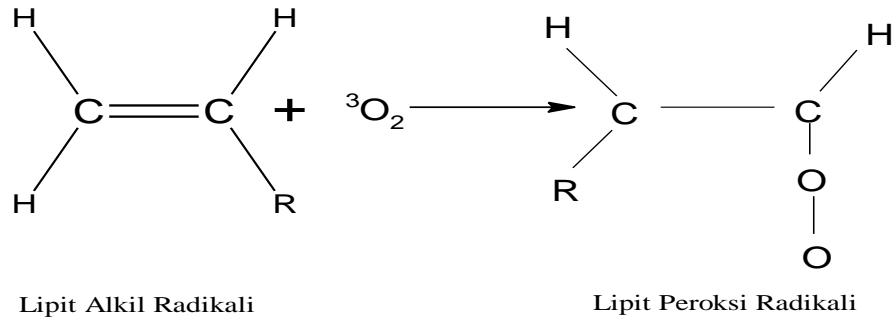
Yüksek miktarda doymamış yağ asitleri içeren bitkisel yağlar sıcaklık, ışık, enzimler, metaller, mikroorganizmalar ve oksijen gibi katalitik sistemlerin varlığında uygun olmayan çevre koşulları altında uzun süreli depolanmaları ve işlenmeleri nedeniyle çeşitli oksidasyona reaksiyonlarına uğramaktadırlar (Liu vd., 2018:1485). Lipid oksidasyonu, gıdalarda istenmeyen tatlara neden olarak ürün kalitesini, güvenliğini ve besin değerini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Lipid oksidasyonu sadece yenilebilir yağların biyoaktif bileşiklerinin ve duyuşal özelliklerini azaltmakla kalmayarak aynı zamanda tüketiciler için sağlık sorunlarına neden olabilecek toksik bileşiklerin oluşumuna neden olmaktadır. (Kubow, 1992; Lu vd., 2019:1-2; Karamani vd., 2020:1; Xie vd., 2020:1; Dedebaş vd., 2021:2). Yenilebilir yağlarda görülen lipid oksidasyonu serbest radikal zincir reaksiyonlarını içeren karmaşık bir süreçtir ve oksidasyon reaksiyonları, büyük ölçüde gıdaların yapısında bulunan yağ asitlerinin bileşimi gibi birçok faktöre bağılı olarak değışim göstermektedir. Yağların yapısında bulunan doymamış yağ asitlerinde meydana gelen oksidasyon reaksiyonu bozulma, hidroliz ve polimerizasyon basamaklarından oluşmaktadır ve serbest radikaller, bu reaksiyonlarda ara anahtar bileşenlerdir (Liu vd., 2018:1). Serbest radikaller kararsız ve DNA ve hücre hasarı, lipid ve protein oksidasyonunun yanı sıra kanser gelişimi ve diğere oksidatif stresle ilişkili hastalıklardaki değışiklikleri teşvik eden oldukça reaktif oksijen türleridir (Barba vd., 2020:77).

Oksidasyon reaksiyonlarının başlatma ve yayılma aşamalarında, yağların yapısında bulunan doymamış yağ asitleri oksijen (O₂) ile reaksiyona girerek, hidroperoksitler ve peroksi radikalleri oluşmaktadır. (Şekil 1, 2). Oluşan hidroperoksitler alkil aldehytler ve ketonlar, epoksitler gibi gibi bileşiklerin oluşumuyla sonuçlanan birkaç radikal mekanizmadan meydana gelmektedir (Kamaleldin ve Pokorny, 2005; Roman vd., 2010:87; Jiang vd., 2020 : 1; Merckx vd., 2021:1).

¹ Dr, Afyon Kocatepe University, Bolvadin Vocational School Food Technology, Orcid: 0000-0003-1663-0165



Şekil 1 Otooksidasyon başlatma aşaması (Dedebaş, 2018: 22)



Şekil 2. Otooksidasyon hidroliz ve polimerizasyon aşaması (Dedebaş, 2018:22)

Oksidatif gıda bozulmaları gıdaların hem raf ömürlerini hem de beslenme özelliklerini etkilediklerinden dolayı oksidasyonun erken aşamalarını anlamak ve tahmin etmek önemlidir. Günümüzde lipid oksidasyonunun belirlenmesi için peroksit değerleri, p- anisidine değeri, özgül soğurma değerleri ve tiyobarbitürik asit reaktif maddeler gibi analizler en yaygın kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır (Xie vd., 2020:1; Liu vd., 2020:1). Ancak bu yöntemler maliyetli, zaman alıcı, insan sağlığı ve çevre için ciddi riskler oluşturan yüksek miktarda çözücü ve büyük numuneler gerektirmektedir (Karamani vd., 2020:1; Thomsen vd., 2000: 725; Liu vd., 2020: 2). Son zamanlarda elektron spin rezonans spektroskopisi, kızılötesi spektroskopisi nükleer manyetik rezonans ve raman spektroskopisi gıdalarda lipid oksidasyonu sırasında oluşan radikal türlerin tespiti için geliştirilmiş yeni yöntemlerdir (Xie vd., 2020:1). Bu yöntemler arasından elektrospin rezonans spektroskopisi teknikleri, lipid peroksidasyonunun çok erken aşamalarında serbest radikal oluşumunu ve birikimini saptamak için kullanılan yeni ve hassas bir teknik olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda ESR tayiniyle daha az numune kullanılarak gıda oksidatif stabilitesinin hızlı bir ölçümü yapılabilmektedir (Yu ve Cheng, 2008:67; Chen vd., 2018:59) .

Elektrospin Rezonans Spektroskopisi

Elektron paramanyetik rezonans (EPR) olarak da adlandırılan elektron spin rezonans (ESR) spektroskopisi, gıdalarda lipid oksidasyonunun erken aşamalarında eşleşmemiş elektronları ve serbest radikalleri belirlemek için kullanılan yeni ve hassas bir teknik olarak kabul edilmektedir (Yu ve Chen, 2008:62; Chen vd., 2018; Cui vd., 2020:1) ESR spektroskopisi lipid oksidasyonunun çok erken aşamalarında gıdaların duyuşal özellikleri ve oksidatif durumu inceleyerek değerlendirme olanağı sağlayarak, üründe bozulma yaşamadan süreç parametrelerini değiştirmek için harekete geçilebilir imkanı sağlamaktadır (Thomsen vd., 2000: 725; Jiang vd., 2020:1). Elektrospin rezonans spektroskopisi fizik, kimya, biyoloji, malzeme bilimi, tıp, gıda ve nutrasötik gibi birçok araştırma alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. ESR spektroskopisinin prensibi, NMR spektroskopik tekniğine çok benzemektedir ve eşleşmemiş bir elektron üzerindeki manyetik alanın etkisiyle üretilen enerji seviyeleri arasındaki geçişlerin bir sonucu olarak mikrodalga aralığında elektromanyetik radyasyonun emilmesine dayanmaktadır. Eşleşmemiş elektron, manyetik moment olarak bilinen bir "spin"e sahiptir. Uygulanan bir manyetik alana maruz kaldığında, elektron, sırasıyla bir alt veya bir üst enerji seviyesine karşılık gelen manyetik alanın yönüne paralel veya antiparalel olarak hizalanır. Bu iki seviye arasındaki enerji farkı, mıknatıslanma alanının gücü ile pozitif orantılıdır. ESR'de, alt seviye durumundaki eşleşmemiş elektron, sabit bir mikrodalga ışınması frekansını emdikten sonra üst seviye durumuna uyarılır. Işınlama frekansı, manyetik alanın sürekli olarak taranmasıyla uygulanan manyetik alanın gücü ile tam olarak eşleştiğinde, tanımlama işleme gerçekleştirir. Bu nedenle ESR, serbest radikallerin ve geçiş metal iyonları gibi diğer paramanyetik türlerin tespiti için oldukça spesifik olan doğrudan ve net bir ölçümdür. Bu yöntem, genellikle nanosaniye ile saniye arasında değişen nispeten kısa bir yarı ömre sahip biyolojik sistemlerde reaktif oksijen/azot türlerinin araştırılması için büyük önem taşımaktadır. (Yu ve Cheng, 2008:62). ESR yöntemiyle yağın oksidatif stabilitesinin ölçülmesinde spin tuzağı olarak PBN kullanılır ve oksidatif zincir reaksiyonunun erken aşamasında serbest radikallerin oluşumu olarak ölçülebilmektedir. Bununla birlikte tam yağlı süttozu, peynir, üzüm

çekirdeği, fındık yağı ve mayanoz gibi gıda emülsiyonların oksidatif stabiliteleri elektro spin yöntemi kullanılarak incelenmiştir (Thomsen vd., 2000; Cui vd., 2020:1-8; Jiang vd., 2020; Merckx vd., 2021:1;) Son yıllarda yüksek duyarlılığı ve yerinde radikallerin oluşumunu belirleme yeteneği nedeniyle, ESR spin yakalama tekniği nanobilim araştırmalarında hem sağlığın teşviki hem de kanser kemoterapisindeki potansiyel uygulamaları ile ilgili olarak nanomalzemelerin radikal süpürme kapasitesini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. (Jiang vd., 2020:1)

Sonuç

Bu çalışmada son zamanlarda gelişmekte olan teknolojiler kullanılarak işlenen gıdalarda serbest radikal analizi ve gıda ürünlerinin oksidatif stabilitesini belirlemek için elektrospin rezonans spektroskopisinin kullanımı umut verici bir yöntem olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte ESR teknikleri, meyve ve sebzeler, et ve balıklar, baharatlar, tahıl taneleri ve yağlı tohumlar dahil olmak üzere farklı gıda türlerinde serbest radikallerin tanımlanması için çok popüler hale gelmektedir. ESR, radikal türleri belirlemek ve ölçmek ve ayrıca radikal mekanizmaları araştırmak için güçlü bir araçtır. ESR yöntemi ilerleyen zamanlarda geleneksel lipid oksidasyon tespitinde kullanılan yöntemlerin yerine kullanılabilir.

Kaynaklar

1. Barba, F.J., Roohinejad, S., Ishikawa, K., Leong, S.Y., Bekhit, A.E-D.A., Saraiva, J.A., Lebovka, N. (2020). Electron spin resonance as a tool to monitor the influence of novel processing technologies on food properties. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.032>.
2. Chen, Q., Xie, Y., Xi, J., Guo, Y., Qian, H., Cheng, Y., Chen, Y., Yao, W. (2018). Characterization of lipid oxidation process of beef during repeated freezethaw by electron spin resonance technology and Raman spectroscopy. *Food Chemistry*, 243, 58–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.115>.
3. Cui, N., Wang, G., Ma, Q., Zhao, T., Li, R., Liang, L. (2020). Effect of cold-pressed on fatty acid profile, bioactive compounds and oil oxidation of hazelnut during oxidation process. *LWT - Food Science and Technology* 129, 109552. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109552>.
4. Dedebaş, T. (2018). Türkiye’de ticari olarak üretilen bazı uçucu yağlar ve tohum yağlarının depolama süresince oksidatif stabilitelerinin belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 144 syf.
5. Dedebaş, T., Ekici, L., Sagdic, O. (2021). Chemical characteristics and storage stabilities of different cold-pressed seed oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45 (2), e15107. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15107>
6. Jiang, S., Xie, Y., Li, M., Guo, Y., Cheng, Y., Qian, H., Yao, W. (2020). Evaluation on the oxidative stability of edible oil by electron spin resonance spectroscopy. *Food Chemistry*, 309, 125714. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125714>
7. Kamaleldin, A., Pokorny, J., 2005. Analysis of lipid oxidation. Urbana: Illinois: AOCS Press.
8. Karami, H., Rasekh, M., Mirzaee – Ghaleh, E. (2020). Comparison of chemometrics and AOCS official methods for predicting the shelf life of edible oil. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 206, 104165. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2020.104165>
9. Kubow, S. (1992). Routes of formation and toxic consequences of lipid oxidation products in foods. *Free Radical Biology and Medicine*, 12(1), 63–81.
10. Liu, Y., Wang, Y., Cao, P., Liu, Y. (2018). Combination of gas chromatography-mass spectrometry and electron spin resonance spectroscopy for analysis of oxidative stability in soybean oil during deep-frying process. *Food Analytical Methods*, 11, 1485–1492.
11. Liu, H., Chen, Y., Shi, C., Yang, X., Han, D. (2020). FT-IR and Raman spectroscopy data fusion with chemometrics for simultaneous determination of chemical quality indices of edible oils during thermal oxidation. *LWT - Food Science and Technology* 119, 108906. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108906>
12. Lu, T., Shen, Y., Wang, J-H., Xie, H-K., Wang, Y-F., Zhao, Q., Zhou, D-Y., Shahidi, F. (2019). Improving oxidative stability of flaxseed oil with a mixture of antioxidants. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14355. <https://doi.org/10.1111/jfpp>.
13. Merckx, D.W.H., Plankensteiner, L., Yu, Y., Wierenga, P.A., Hennebelle, M., Duynhoven, J.P.M.V. (2021). Evaluation of PBN spin-trapped radicals as early markers of lipid oxidation in mayonnaise. *Food Chemistry*, 334, 127578. <https://doi.org/10.1016/>

- j.foodchem.2020.127578.
14. Olesea R., Maillard, M-N., Plessis, C., Riquet, A-M. (2010). Electron spin resonance spectroscopy: a promising method for studying lipid oxidation in foods. *Lipid Technology*, 22 (4), 87-90. Doi: 10.1002/lite.201000009
 15. Thomsen, M.K., Kristensen, D., Skibsted, L.H. (2000). Electron spin resonance spectroscopy for determination of the oxidative stability of food lipids. *JAOCS* 77, 725–730.
 16. Xie, M., Dong, X., Yu, Y., Cui, L. (2020). A novel method for detection of lipid oxidation in edible oil. *LWT - Food Science and Technology* 123, 109068. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109068>
 17. Yu, L., Cheng, Z., 2008. Application of electron spin resonance (ESR) spectrometry in nutraceutical and food research. *Mol. Nutr. Food Res.*, 52, 62–78. Doi: 10.1002/mnfr.200700395.

Plastik Ambalajlardan Gıdalara Fitalat Esterlerinin Migrasyonu

Özlem KIZILIRMAK ESMER¹

Yeşim ASLAN²

Furkan KÜÇÜK

1.GİRİŞ

Gıdanın kalite özelliklerini muhafaza etmek, güvenliği sağlamak ve raf ömrünü uzatmak gibi işlemlere sahip olan ambalaj malzemeleri aynı zamanda gıdanın kimyasal kontaminasyonuna da sebep olabilecek bir potansiyele sahiptirler. Temas halinde olduğu malzeme ile temas süresi boyunca difüzyon olayı sonucu gerçekleşen özellikle düşük molekül ağırlığına sahip bazı bileşenler gıdaya geçebilmektedir. Migrasyon olarak adlandırılan bu olay hemen hemen her türlü ambalaj malzemesinden gerçekleşmekte, ancak plastikler migrasyona daha fazla eğilim göstermektedir.

Gıda ile temas eden madde ve malzemelerin, normal veya öngörülen kullanım koşullarında madde ve malzemeyi oluşturan bileşenlerden gıdaya insan sağlığını tehlikeye sokacak, gıdanın bileşiminde istenmeyen değişimlere neden olacak veya duyuşsal özelliklerinde bozulmaya neden olacak miktarda geçiş olmamalıdır (TGK, 2018). Ayrıca gıda ile temas halinde kullanılan plastik malzemelere yönelik olarak hazırlanan Avrupa Birliği (AB) direktiflerinde ve Türk Gıda Kodeksi (TGK) tebliğinde, hem toplam migrasyon hem de spesifik migrasyona yönelik bazı düzenlemeler bulunmaktadır. Toplam migrasyon için sınır değeri 10 mg/dm² ambalaj malzemesi ya da 60 mg/kg gıda olarak belirtilmişken, spesifik migrasyon miktarları toksikolojik olarak önemli olan bileşenler için ayrı olarak verilmektedir (10/2011/EU, TGK, 2019).

Plastik ambalaj malzemelerinden gıdaya geçme yapabilecek bileşikler arasında yapıda serbest halde kalan monomerler, plastikleştirici, UV stabilizatörleri gibi ürünün işlenmesini sağlayıcı ya da son ürünün özelliklerini olumlu yönde etkileyen bazı katkı maddeleri ve üretim gereği ortaya çıkan bazı bileşenler bulunmaktadır. Fitalatlar da son ürüne istenen bazı özellikleri kazandırmak amacıyla yapıya eklenen, gıdaya migrasyon potansiyeli bulunan ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek kimyasallardır.

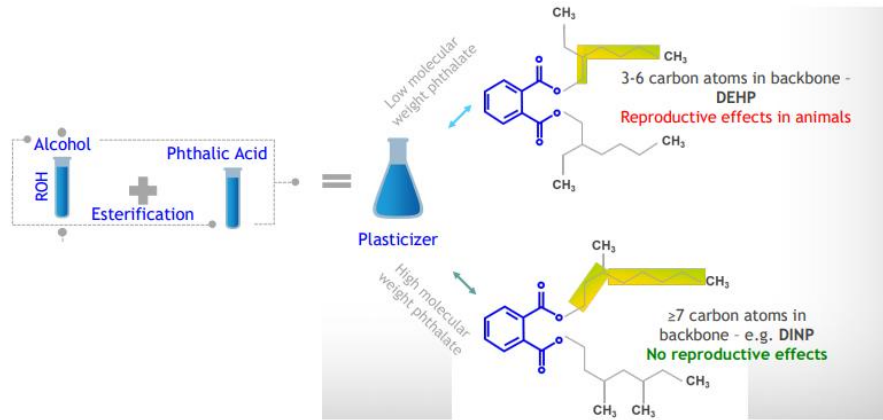
¹ Doç.Dr., Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, ORCID: 0000-0003-4652-0514

²: Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

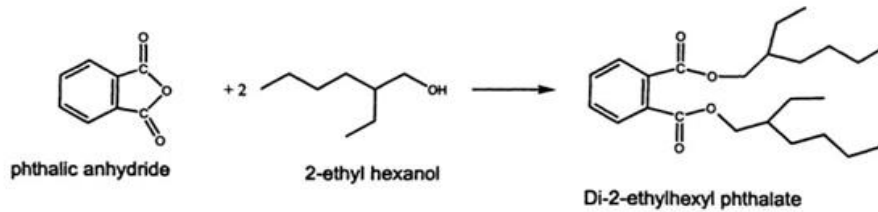
2.FİTALATLAR

2.1.Genel Bilgiler

Fitalatlar, fitalik asidin alkolle girdiği esterifikasyon reaksiyonundan (Şekil 1) elde edilen ve çeşitli endüstriyel uygulamalarda onlarca yıldır yaygın olarak kullanılan, petrolden imal edilen, insan yapımı organik maddelerdir (Cariou vd., 2015; Oruç, 2020). Örneğin fitalik anhidritin 2-etil hekzanolle girdiği esterifikasyon reaksiyonu sonucu dietil hekzil fitalat (DEHP) oluşmaktadır (Şekil 2).



Şekil 1. Fitalatların oluşum tepkimesi



Şekil 2. DEHP'nin oluşum reaksiyonu (Godwin, 2000).

Fitalatlar birçok kaynakta fitalik asit esterleri olarak karşımıza çıkan 1,2-Benzendikarboksilik asidin di-esterleridir. Esnekliği, şeffaflığı, işlenebilirliği ve dayanıklılığı artırma yeteneğine sahip olduklarından; çeşitli plastik ürünlerde, özellikle PVC'de plastikleştirici olarak kullanılan kimyasallardır. Ayrıca oyuncaklarda, boyalarda, kişisel bakım ürünlerinde, filmlerde, farmasötik kaplamalarda, yapıştırıcılarda ve gıda ambalaj malzemelerinde kullanılmaktadır (Gallert-Ayala vd., 2013; Hauser ve Calafat, 2004; Hayasaka 2014; Jeddı vd., 2014;). Plastik bir malzemedeki fitalat oranı, ürünün türüne ve amacına bağlı olarak ürün ağırlığının %45'ine kadar çıkabilmektedir (Bosnir vd., 2007).

Fitalatlar renksiz, kokusuz veya çok az kokuya sahiptirler. Yüksek sıcaklıkta buharlaşma hızları fazladır. Çözünürlükleri yağda ve alkolde yüksek, suda ise sınırlıdır (Cavaliere vd., 2008; Sorensen, 2006; Özgür, 2021). Nispeten apolar yapıdadırlar ve eklendikleri polimer ile kovalent bağlar oluşturmazlar. Bu nedenlerden dolayı fitalat migrasyonunu özellikle plastik ambalaja ambalajlanmış

yağlı gıdalarda daha fazla görmek mümkündür (Cariou vd., 2015; Cavaliere vd., 2008; Sorensen, 2006). Bir başka deyişle fitalatların gıdalara migrasyon potansiyeli gıda matrisinin lipofilik özelliklerine bağlıdır (Xu vd., 2010). Bunun yanı sıra, yapılan bir araştırma sonucuna göre, hazır (restoran ve fast-food) gıdaların evde hazırlanan yemeklere göre fitalat seviyelerinin %35 daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2020). Migrasyona uğrayan fitalatların çoğunun organik yapıda olmaları nedeniyle, fitalatların yağa ve yağlı gıdalara migrasyon oranının daha fazla olması bu olayı desteklemektedir (Xu vd., 2010).

Fitalatların dünya çapında kullanımının artışıyla beraber; yalnızca plastik ambalajlı gıdaların tüketimiyle değil; solunum, toprak ve toza maruz kalma ve deriyle temas yoluyla da insan vücuduna alındıkları belirtilmektedir (Jeddi vd., 2014). Sorensen (2006), fitalatların toprağa ve toza migrasyonunun özellikle yem ve gıda ürünlerinin doğrudan kontaminasyonuna, dokularda biyolojik birikime ve besin zinciri yoluyla transfere neden olabileceğini belirtmiştir. Buradan yola çıkarak fitalatların zamanla çevresel kontaminantlara dönüştüğünü söylemek mümkündür (Cariou vd., 2015; Cavaliere vd., 2008).

Fitalatları, yüksek molekül ağırlıklı ve düşük molekül ağırlıklı fitalatlar olmak üzere iki temel grupta incelemek mümkündür. DEHP, BBP (Bütıl benzil fitalat), DiNP (Di-izononil fitalat), DOP (Di-oktil fitalat) ve DiDP (Di-izodesil fitalat) gibi yüksek molekül ağırlıklı fitalatlar genellikle son ürüne kopma direnci ve esneklik gibi özellikler kazandırmak için kullanılırlar. DBP (Di-bütıl fitalat), DMP (Di-metil fitalat), DEP (Di-etil fitalat) ve DiBP (Di-izobütıl fitalat) gibi düşük molekül ağırlıklı fitalatlar ise özellikle renk ve koku tutucu olarak kullanılırlar. Çeşitli kişisel hijyen ürünlerinde ve oje gibi kozmetik ürünlerde de koku stabilizatörü olarak kullanılırlar (Anonim, 2008; Cariou vd., 2015; Gelmez, 2015; Yerlikaya, 2017)

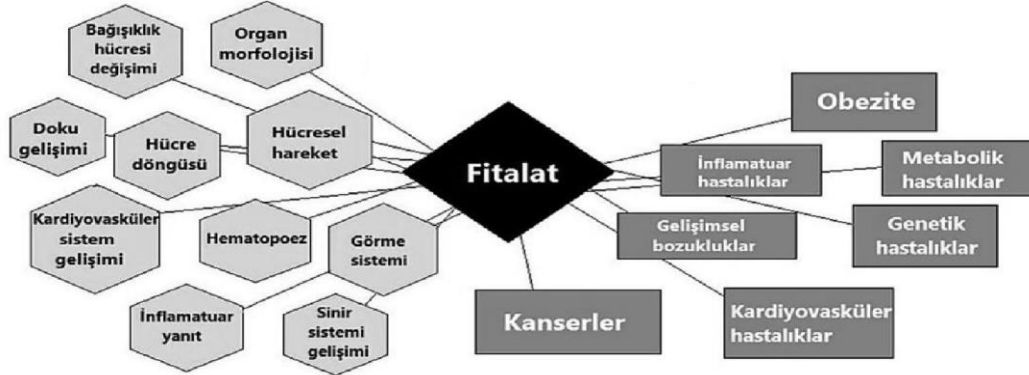
Üretilen DEHP'nin %90'ından fazlası PVC için plastikleştirici olarak kullanılmaktadır (Yerlikaya, 2017). Her ne kadar DEHP en çok bilinen fitalat olsa da, özellikle 20 yy'.ın başından itibaren DiNP ve DiDP kullanımı yaygınlaşmıştır. 2010 yılında Avrupa'daki toplam fitalat satışının %83'ünü bu iki fitalatın oluşturduğu belirtilmektedir (Cariou vd., 2016).

Fitalatların toksikolojik farklılıkları dolayısıyla hepsi tek bir grup olarak sınıflandırılmamaktadır. DEHP, DBP, DiDP ve DiNP toksik maddeler arasında sayılmaktadır ama aynı zamanda da en yaygın olarak kullanılan fitalatlardır (Rodgers vd., 2014).

2.2.Fitalatların İnsan Sağlığına Etkileri

Fitalatların insan sağlığı üzerindeki potansiyel zararlı etkileri konusunda iki karşıt görüş savunulmaktadır. Bu görüşlerden biri, fitalata maruz kalmanın insan sağlığı açısından riskli olduğunu belirtmekte ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) yaptığı çalışma sonuçlarını ve tavsiyelerini kendilerine referans alarak plastik malzemelerin, tür ve sayı olarak, kullanımında azalmayı savunmaktadır. Diğer bir görüş ise, insanların fitalatlara maruz kalması durumunda, sağlık açısından risklerinin ihmal edilebilir düzeyde düşük olduğunu ve en yüksek fitalat maruziyetine sahip insanların bile yapılan deneylerdeki hayvanların fitalat maruziyetinden daha düşük olduğunu belirtmektedir (Bosnić vd., 2007). Ama bu karşıt görüşe rağmen fitalatların, gıdanın duyuşal özelliklerini etkilemesi,

endokrin sistemini bozucu kimyasallar olarak insanlarda üreme sistemini etkilediği ve vücutta karsinojen bir etkiye sahip olduğunu bildiren pek çok çalışma bulunmaktadır (Lovrenovic vd., 2020).



Şekil 3. Fitalatların insan sağlığına etkileri (Özgür, 2021).

Şekil 3’te fitalatların, doku gelişimine, hücre döngüsüne, sinir sistemi gelişimine vs. etki ederek kanserlere, kardiyovasküler hastalıklara, obeziteye, genetik hastalıklara, gelişimsel bozukluklara yol açtığı gösterilmektedir (Özgür, 2021).

Hayvanlar üzerinde yapılan toksikolojik çalışmalar, fitalatların insan sağlığına olumsuz etkileri ile alakalı endişeleri arttırmaktadır. Fitalatlar ve metabolitleri karaciğer, böbrek, akciğer, kalp gibi çeşitli organ sistemlerinde toksik etkilere neden olabildikleri kemirgenler üzerinde yapılan çalışmalarla desteklenmiştir. İnsan sağlığı üzerindeki en bilinen zararlı etkileri ise endokrin bozucu ajanlar olmalarıdır. Fitalatlar, 1970’li yıllarda endokrin bozucu ajanlar sınıfına dâhil edilmişlerdir. Ayrıca yenidoğanlarda aşırı zayıflığa veya ölü doğumlara da sebep olabilmektedirler. Fitalatların bunun dışında karsinojenik bileşikler olarak kabul edilerek, Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından 2B (İnsanlarda olası karsinojen) ve 3 (İnsanlarda karsinojen olarak sınıflandırılmayanlar) listelerine alınmışlardır. (Oruç, 2020). Avrupa Birliği’nde bugüne kadar, on fitalat, Avrupa Kimyasal Ajansı (ECHA) tarafından “karsinojen, mutajenik, reprotoksik” (CMR) maddeler olarak sınıflandırılmış ve “Reprotoksik 1B” grubunda yer almışlardır (Anonim, 2019). Özellikle DiBP, DBP, BBP ve DEHP reprotoksik 1B CMR maddeleri arasında listelenmiştir (Cariou vd.,2015; Cavailere vd., 2008).

Fitalatların türüne göre insan sağlığına etkileri değişmektedir. DEHP ve metabolitlerine (MEHP, MEHHP, MEOHP) maruz kalınması durumunda, anogenital mesafeyi, çocukların nörogelişimini, DNA (Deoksiribonükleik asit) hasarını, sperm konsantrasyonunu, sperm yaşam süresini, yoğunluğunu ve morfolojisini, çocuklarda dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu, insülin benzeri büyüme faktörü I düzeyini ve bazı solunum problemlerini (astım ve hırıltı gibi) etkilemektedir. Diğer taraftan DEHP maruziyeti ile yumurtalık ve uterus boyutu arasında pozitif korelasyon (DEHP arttıkça yumurtalık ve uterus boyutunun artması) bulunmuştur (Jurewicz ve Hanke, 2011).

Ayrıca DEP metaboliti olan mono etil fitalat (MEP) ve DBP metaboliti olan mono bütül fitalat (MBP) maruziyeti ile cinsiyet hormonu bağlayıcı globulin seviyesi ve LH (Lüteinleştirici hormon) oranı arasında pozitif korelasyon olduğu da fark edilmiştir. Yine DEP, DBP ve bunların meabolitlerinin sperm kalitesini etkilediği belirtilmektedir. Bu etkiler; konsantrasyon, yaşanabilirlik, yoğunluk, morfoloji, anogenital mesafe, FSH, LH seviyesi, serbest ve toplam T3, DNA hasarı ve çocukların nörogelişimi olduğu bilinmektedir. Mono benzil fitalat (MBzP) maruziyeti, anogenital mesafe, sperm konsantrasyonu ve DNA'ya verdiği hasarlarla bilinmektedir (Gelmez, 2015; Jurewicz ve Hanke, 2011).

Erkeklerde kısırlığın, sperm kalitesi ve sayısı ile direkt ilişkili olduğu bilinmektedir. Üreme kapasitesi normalin altında olan evli erkeklerde yapılan bir çalışmaya göre, DBP ve BBP'nin metabolitleri olan MBP ve MBzP'nin sperm kalitesiyle ilişkili olduğunu göstermiştir. Yetişkin erkeklerde bu kimyasallara maruz kalınması durumunda, akciğer fonksiyonlarında ve sperm sayısı ve hareketliliğinde azalma yapılabilmektedir (Benjamin vd., 2017; Gallart-Ayala vd., 2013).

3.1.YASAL DÜZENLEMELER

Gıda ile temas eden plastik malzemelere ilişkin tebliğde fitalat esterlerine dair spesifik migrasyon limitleri (SML) ve kullanım kısıtlamalarına dair bazı özellikler Tablo 1'de verildiği gibidir (TGK, 2019; 10/2011/EU).

AB tarafından DBP, BBP ve DEHP dahil olmak üzere 12 fitalik asit esterinin olası endokrin bozucu özellikleri bildirilmiştir. Ayrıca, fitalatların potansiyel tehlikeleri bilindiğinden Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı'nın (EPA) fitalatları "öncelikli kirletici maddeler" olarak listelemesi de bu bileşiklerin daha sıkı düzenlenmesine olanak sağlamıştır (Cavaliere vd., 2008).

EFSA 2005 yılında yaptığı risk değerlendirmesinde, DBP, BBP, DEHP'nin üreme sistemi üzerindeki etkilerinden dolayı günlük tolere edilebilir alım (TDI) değerlerini sırasıyla 10, 500, 50 µg/kg vücut ağırlığı-gün olarak, DiNP ve DiDP'nin ise karaciğer etkilerinden dolayı TDI değerini toplamda 150 µg/kg vücut ağırlığı-gün olarak belirlemiştir (EFSA, 2019).

EFSA 2019 yılında yaptığı en son risk değerlendirmesi sonucunda DBP, BBP, DEHP'nin fetal testesterondaki azalma gibi üreme sistemi üzerindeki etkilerinden ve DiNP'nin de fetal testesteron seviyelerini karaciğer etkilerinden 3 kat daha fazla etkilediğinden dolayı bu dört fitalat için grup TDI değeri (50 µg/kg vücut ağırlığı-gün) belirlemiştir. DiDP'nin TDI değerinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır (EFSA, 2019).

Tablo 1. TGK Gıda ile Temas Eden Plastik Madde ve Malzemeler Tebliği'nde plastikleştirici olarak kullanılan fitalat esterlerine dair özellikler

Madde No	Madde İsmi	SML (mg/kg)	Kısıtlama ve Özellikler
157	phthalic acid, dibutyl ester- Dibütül fitalat-DBP	0,3	Sadece;(a) Yağsız gıdalarla temas eden tekrarlı kullanılan madde ve malzemelerdeki plastikleştiricilerde (b) Son ürünlerdeki konsantrasyonu %0,05'e kadar olan poliolefinlerde teknik yardım maddesi olarak kullanılır.
159	phthalic acid, benzyl butyl ester- Benzil bütül fitalat-BBP	30	Sadece; (a) Tekrarlı olarak kullanılan madde ve malzemelerdeki plastikleştiricilerde (b) TGK-Bebek Formülleri Tebliği, TGK-Devam Formülleri Tebliğinde tanımlanmış olan bebek formülleri ve devam formülleri veya TGK-Bebek ve Küçük Çocuk Ek Gıdaları Tebliğinde tanımlanmış olan bebek ve küçük çocukların beslenmesinde ek olarak kullanılan işlenmiş tahıl bazlı olan ve tahıl bazlı olmayan ek gıdalar hariç olmak üzere yağsız gıdalarla temas eden tek kullanımlık madde ve malzemelerdeki plastikleştiricilerde (c) Son ürünlerdeki konsantrasyonu %0,1'e kadar teknik yardım maddesi olarak kullanılır.
283	phthalic acid, bis(2-ethylhexyl) ester- Dietil hekzil fitalat-DEHP	1,5	Sadece; (a) yağsız gıdalarla temas halinde olan tekrarlı olarak kullanılan madde ve malzemelerde plastikleştirici, (b) son ürünlerdeki konsantrasyonu %1'i geçmeyecek şekilde teknik yardım maddesi olarak kullanılır.
728	phthalic acid, diesters with primary, saturated C ₈ -C ₁₀ branched alcohols, more than 60 % C ₉ - Diizononil fitalat-DiNP	9 (Toplamda)	Sadece; (a) tekrarlı olarak kullanılan madde ve malzemelerde plastikleştirici olarak; (b) TGK-Bebek Formülleri Tebliği, TGK-Devam Formülleri Tebliğinde tanımlanmış olan bebek formülleri ve devam formülleri veya TGK-Bebek ve Küçük Çocuk Ek Gıdaları, Tebliğinde tanımlanmış olan bebek ve küçük çocukların beslenmesinde ek olarak kullanılan işlenmiş tahıl bazlı olan ve tahıl bazlı olmayan ek gıdalar ile temas edenler hariç olmak üzere, yağsız gıdalarla temas eden tek kullanımlık madde ve malzemelerde plastikleştirici olarak, (c) son üründe konsantrasyonu %0,1'e kadar teknik yardım maddesi olarak kullanılır.
729	phthalic acid, diesters with primary, saturated C ₉ -C ₁₁ alcohols more than 90 % C ₁₀ Di iso desil fitalat-DiDP		

4.AMBALAJ MALZEMELERİNDEN GIDAYA FİTALAT MİGRASYONU

Literatürde plastik ambalaj malzemelerinden temas halinde olduğu gıdaya fitalat migrasyonu ile ilgili yapılmış olan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Fitalat migrasyonu üzerine yapılan çalışmaların; migrasyon analizleri için metot iyileştirmesi amacıyla yapılabildiği gibi migrasyonu etkileyen faktörleri incelemek amacıyla da yapıldığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında ise yapılan literatür taraması sonucunda gıdanın bileşimi, temas süresi, temas sıcaklığı ve gıdanın pH değeri gibi faktörlerin migrasyon üzerinde etkili olduğu belirlenmiş ve çalışma sonuçlarının değerlendirmesinde bu doğrultuda bir sınıflandırma yapılmıştır.

4.1.Gıdanın Bileşiminin Migrasyon Miktarına Etkisi

Yang vd., (2019), yaptığı çalışmada 283 hazır gıdada 18 farklı fitalat incelemiş ve 0-18 yaş arasındaki bireyler için sağlık risklerini değerlendirmiştir. Örneklerin plastik ambalajlı olduğu belirtilmekle beraber, plastiğin türü belirtilmemiştir. Yapılan çalışmada 283 farklı gıda ürünü; Çin Halk Cumhuriyeti 2014 Ulusal İstatistik Bürosu'nun gıda sınıflandırma sistemine bağlı olarak 6 kategoriye (fasulye, et, kek, patates, süt ve su bazlı ürünler) ayrılmıştır. Kapalı alanda ve karanlıkta bekletilen ürünlerin analizleri 30 günlük periyotlarla toplam 150 günde yapılmıştır. Her bir temas süresi için depolama sıcaklıkları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Depolama süresi ve depolama sıcaklıkları.

Depolama süresi (gün)	Sıcaklık aralığı (°C)
1-30	-4,3-4,1
31-60	0-9,2
61-90	4,6-17,8
91-120	13,2-23,3
121-150	15-25,1

Analiz edilen örneklerin 218'inde DEHP ve DBP tespit edilmiş, diğer fitalatların tespit limitinin altında olduğu belirtilmiştir. Bu iki fitalat bazı ürünlerde tespit limitinin altında kalırken, özellikle yağca zengin örneklerde daha fazla bulunmuştur. Maksimum değerler kek kategorisinde DEHP için 5,23 mg/kg DBP için ise yine 2,54 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Ayrıca depolama süresinin ve sıcaklığının artışına bağlı olarak örneklerdeki fitalat içeriğinin de artış gösterdiği ve tüm kategorilerde spesifik migrasyon limitlerinin (DEHP için 1,50 mg/kg; DBP için 0,30 mg/kg) üzerine çıkan örnekler bulunduğu tespit edilmiştir.

Risk değerlendirmesinde 0-18 yaş aralığındaki bireyler cinsiyetlerine göre 2'ye ve yaşlarına göre 6 gruba (0-3, 4-6, 7-9, 10-12, 13-15 ve 16-18) ayrılmış, 6 gıda kategorisine DEHP ve DBP için ortalama günlük doz (ADD) ve TDI belirlenmiştir.

Her iki fitalat için en yüksek TDI ve ADD değerleri kek kategorisinde hesaplanmıştır. Bu kategoride DBP için EFSA tarafından belirlenen TDI (50 µg/kg vücut ağırlığı/gün) değeri 0-3 yaş grubunda aşılrken DEHP için ise TDI'ler 7,11 ile 30,8 µg/kg vücut ağırlığı/gün arasında hesaplanmış, EFSA değeri (50 µg/kg vücut ağırlığı/gün) aşılmamıştır. Aynı yaş grubunda DEHP için belirlenen TDI'nın her zaman DBP için belirlenen TDI'dan daha düşük olduğu ve ADD için bu durumun tam tersi yönde olduğu tespit edilmiştir. Buradan yola çıkılarak DBP maruziyetinin DEHP'den daha fazla olduğu, dolayısıyla DBP'nin DEHP'den daha büyük risk teşkil ettiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca bebek ve çocukların fitalatlardan olumsuz etkilenme yatkınlıklarının daha yüksek yaş grubundaki bireylerden daha fazla olduğu ve kadınların erkeklere oranla fitalatlara daha duyarlı olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmadan yola çıkılarak migrasyonun gıdadaki yağ içeriğiyle doğru orantılı olarak artış gösterebildiği, bu yağlı ürünlerde temas süresinin uzun (150 gün) olmasının da SML'lerin aşılmasında önemli bir rol oynadığı görülmüştür.

Sireli vd., (2017) Türkiye pazarındaki farklı meyveli yoğurt türleri ve ambalaj malzemeleri başta olmak üzere yoğurt ürünlerindeki DMP, DEP, DBP, BBP, DEHP ve DNOP miktarları analiz edilmiştir. Yoğurt türleri meyveli yoğurtlar, sade homojenize yoğurt ve sade kaymaklı yoğurt olarak belirlenmiş, kaymaksız yoğurdun kaymak kısmı ayrıca analiz edilmiştir.

İlk olarak yoğurt ambalajları analiz edilmiştir ve simulant olarak %3 asetik asit-su çözeltisi kullanılmıştır. Kullanılan ambalajların türü belirtilmemiştir. Simulantların yoğurt ambalajlarına konulmasıyla hazırlanan örnekler 40°C'de 10 gün süreyle bekletilmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında sade yoğurt ambalajlarındaki DEHP değerleri 7,9–157,8 µg/L konsantrasyonları arasında tespit edilmiştir. Yoğurt ambalajlarının neredeyse tamamında sırasıyla 0,5 ile 10,7 µg/L ve 1,1 ile 194,5 µg/L arasında değişen DEP ve DEHP bulunmuştur. DMP konsantrasyonu çok düşük değerlerde tespit edilmiştir. DNOP tüm ambalajlar için tespit limitinin altında kalmıştır ve BBP sadece iki numunede ve az miktarlarda tespit edilmiştir.

İnek sütünden yapılmış farklı yoğurt örneklerinden toplam 88 adet alınmıştır. Bunların 72'si meyveli (ananas, çilek, elma, ahududu, kayısı, muz, orman meyvesi, şeftali ve vişne), 8'i kaymaksız, 8'i sade kaymaklı yoğurtlardan oluşmaktadır. LOD ve LOQ değerleri sırasıyla 0,259-1,003 µg/kg ve 0,864-3,344 µg/kg aralığında belirlenmiştir.

Örneklerin %6'sında fitalat kalıntısı tespit edilmemiştir. Meyveli yoğurtlar arasında en yüksek fitalat konsantrasyonları vişneli yoğurtta bulunurken, en az muz, elma, kayısı ve şeftalili yoğurtlarda tespit edilmiştir. En yüksek fitalat konsantrasyonları kaymaklı yoğurtlarda tespit edilmiştir. Kaymaklı yoğurtlarda, kaymak kısmında diğer kısımlara göre daha fazla miktarda fitalat tespit edilmiştir. Kaymakta maksimum DEHP konsantrasyonu 671,8 µg/kg miktarında belirlenmiştir. DEP ve DEHP,

yoğurt ambalajlarının neredeyse tamamında sırasıyla 0,5 ile 10,7 µg/L arasında ve 1,1 ile 194,5 µg/L arasında tespit edilmiştir.

DEP ve BBP dışındaki tüm fitalatlar için maksimum ortalama değerlerin kaymak tabakasında çıkması üründeki yağ içeriğinin migrasyon hızına etkisini bir kez daha göstermiştir.

Bu analizlerin yanı sıra maruziyet değerlendirmesi de yapan Sireli vd., (2017), öncelikle denekleri vücut ağırlıkları ve yaşları dikkate alarak; yetişkinleri (19-64 yaş, ortalama ağırlık 74 kg) ve çocukları (6-8 yaş, ortalama ağırlık 24 kg; 9-11 yaş, ortalama ağırlık 33,9 kg; 12-14 yaş, ortalama ağırlık 47,9 kg; 14-18 yaş, ortalama ağırlık 59,9) toplam 5 gruba ayırmıştır. Bu değerlendirmenin sonuçlarına göre; tüm yaş gruplarında ortalama 0,4 µg/kg vücut ağırlığı-gün ile en yüksek alım DEHP, en düşük alım ise 0,002 µg/kg vücut ağırlığı/gün ile BBP'ye aittir. Sonuçların, DEHP, BBP ve DBP alımlarının, EFSA tarafından belirlenen TDI değerlerinin altında olduğu belirtilmiştir.

4.2. Temas Süresinin Migrasyon Miktarına Etkisi

Oruç (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, PET şişelere dolmuş limonlu içecek (limonata), karışık meyve aromalı gazlı içecek (gazoz) ve doğal kaynak suyundaki bazı fitalat esterlerinin (DMP, DEP, DBP, BBP, DEHP, DOP) migrasyonu incenmiştir. 23°C sıcaklıkta depolanan örnekler için temas süreleri yeni üretilmiş, son tüketim tarihini yarımış (gazoz ve kaynak suyu için 6 ay, limonata için 3 ay) ve son tüketim tarihini geçmiş olarak belirlenmiş ve analiz yapılmıştır. Örneklerin tamamında incelenen tüm fitalat esterlerine dair migrasyon miktarlarının tüm temas süreleri için tayin limitlerinin (0,14 ile 2,84 µ/L) ve spesifik migrasyon limitlerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Buradan yola çıkılarak söz konusu içecekler için 23°C depolama sıcaklığının güvenli olduğu sonucuna varılmıştır.

Biscardi vd., (2003) PET şişelerde 12 ay süre ile depolanan doğal mineralli su ve karbonatlı su örneklerinde DEHP'nin migrasyonunu GC-MS ile analiz etmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında; DEHP, doğal mineralli su için 9 aylık depolamadan sonra, karbonatlı su numuneleri için 10 aylık depolama sonrasında tespit edilmiş ve tüm numunelerde konsantrasyonu 0,4 mg/L'den 3,2 mg/L'ye yükselmiştir.

4.3. Temas Sıcaklığın Migrasyon Miktarına Etkisi

Ayamba vd., (2020) yaptıkları çalışmada, Gana gıda endüstrisinde kullanılan PE (polietilen) gıda ambalajlarındaki 5-80°C sıcaklıklarında ve 4 saat temas süresi koşullarında fitalat migrasyonunu incelemişlerdir. Numuneler, üç farklı pazardan, siyah polietilen torba, düz polietilen torba, kalın düz polietilen filmler/torbalar, polietilen gıda ambalajları ve polietilen plastik şişeler olmak üzere beş farklı türde polietilen olarak temin edilmiştir.

İlk olarak fitalatların sabit sıcaklıkta farklı sürelerde polietilen gıda ambalajından simulant olarak kullanılan suya migrasyonu analiz edilmiştir. Tüm ambalaj türlerinde, DEHP ve DBP en yüksek konsantrasyonlarda, DEP 4. saatten sonra az miktarda tespit edilmiş, BBP ise hiçbir temas süresinde tespit edilmemiştir. 5°C/ 30 dakikalık temas süresinden sonra siyah polietilen torba, düz polietilen

torba, kalın düz polietilen filmler/torbalar, polietilen plastik şişeler ve polietilen gıda ambalajlarında analiz edilen ortalama DEHP konsantrasyonları sırasıyla, 1,01 µg/kg, 2,02 µg/kg, 0,56 µg/kg, 0,85 µg/kg ve 1,07 µg/kg olarak belirlenmiştir. 5°C'de 4 saatlik temas süresinden sonra ise DEHP konsantrasyonları sırasıyla 2,29 µg/kg, 1,45 µg/kg, 1,11 µg/kg, 0,52 µg/kg ve 1,54 µg/kg konsantrasyonlarında tespit edilmiştir. DEHP konsantrasyonu maksimum 2 saatlik temas süresinde belirlenirken, DBP konsantrasyonu maksimum 4 saatlik temas süresinde tespit edilmiştir.

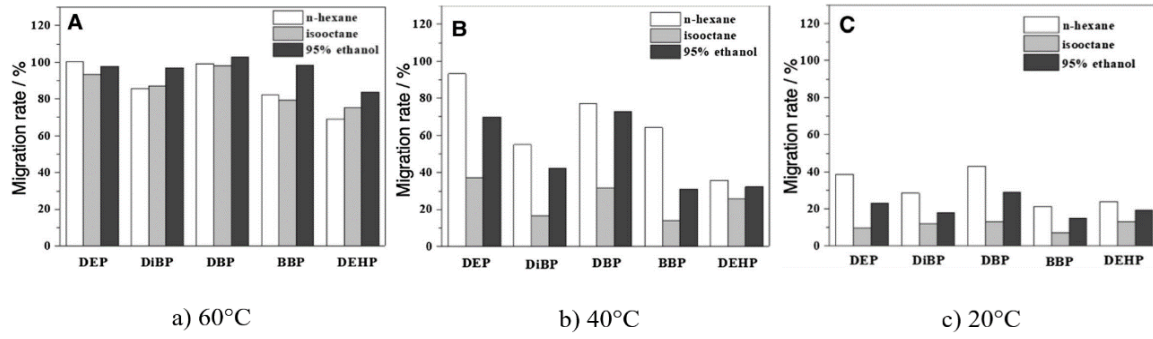
Daha sonra, fitalatların çeşitli sıcaklıklarda polietilen gıda ambalajlarından simulant olarak kullanılan suya migrasyonu analiz edilmiştir. Ambalaj malzemelerinden gıda simulantına migrasyona uğrayan DBP'nin konsantrasyonları DEHP'ye kıyasla daha düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Temas sıcaklığı düz polietilen torbada 5°C'den 80°C'ye çıktığında, DBP'nin migrasyon miktarı 0,02 µg/kg'dan 0,41 µg/kg'a yükselmiştir. Ayrıca, siyah polietilen torbada DEHP migrasyon konsantrasyonu, 5°C'de 0,83 µg/kg'ken 80°C'de 1,21 µg/kg konsantrasyonuna yükselmiştir.

Son olarak, fitalatların polietilen gıda ambalajlarından yağlı gıda simulantı olarak kullanılan zeytinyağına migrasyonu analiz edilmiştir. DEHP, yağlı gıda simulantında tespit edilen baskın fitalat olmuştur, bunu DEP ve ardından DBP izlemiştir. DEHP konsantrasyonları, en yüksek sıcaklıkta ve en yüksek temas süresinde 0,69 mg/kg ila 1,95 mg/kg arasında değişmiştir. Ancak DEP konsantrasyonları <LOD ile 1,77 mg/kg arasında değişmiştir. Simulant olarak kullanılan suda migrasyonu tespit edilen diğer baskın fitalat olan DBP, yağlı gıda simulantında (zeytinyağı) <LOD ile 1,43 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. BBP ise polietilen ambalaj malzemelerinin hiçbirinde tespit edilmemiştir. Sonuç olarak, zeytinyağında tespit edilen fitalat konsantrasyonlarının, suda tespit edilen fitalat konsantrasyonlarına göre çok daha yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmanın sonucunda, suda tespit edilen tüm fitalatların konsantrasyonu, 10/2011/EU yönetmeliğinde belirtilen SML değerlerinin altında çıkmıştır. Bununla birlikte, zeytinyağındaki DEHP ve DBP konsantrasyonlarında 10/2011/EU yönetmeliğinde belirtilen SML değerlerinden daha yüksek olan sonuçlar tespit edilmiştir.

Yuan vd., (2019) PVC'den n-hakzan, izooktan ve %95 etanol simulantlarına DEP, DiBP, DBP, BBP ve DEHP'nin migrasyonunu oda sıcaklığı (20°C), yüksek sıcaklıklarda (40°C ve 60°C) analizler etmişlerdir.

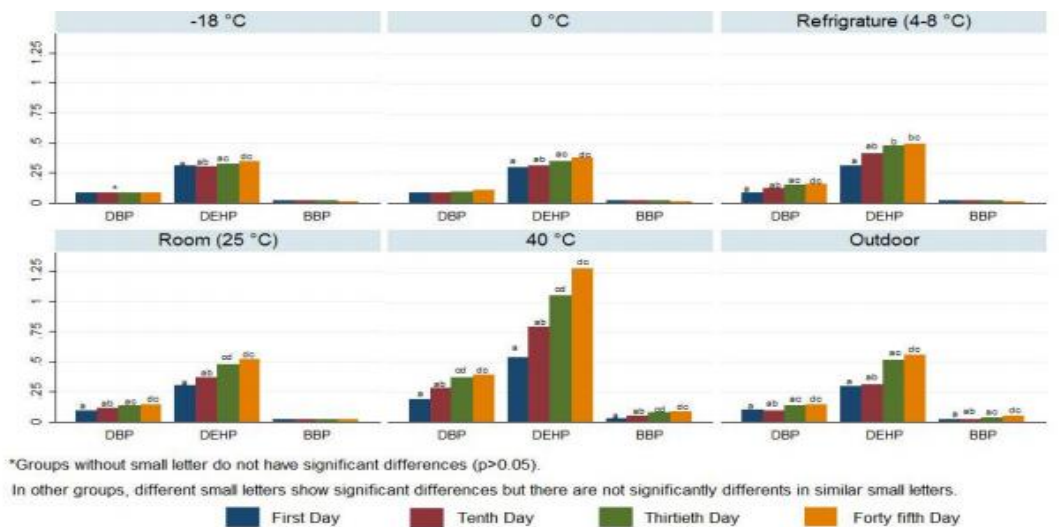
Şekil 4'te kütle transferi dengeye ulaştıktan sonra 3 farklı simulant için yapılan analizlerde fitalatların belirlenen 3 sıcaklıktaki migrasyon hızları gösterilmektedir. Analiz sonucunda genel olarak izooktandaki migrasyon hızının diğerlerinden daha düşük olduğu, 60°C sıcaklıkta simulant türünün sıcaklığa etkisinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu, 20°C ve 40°C sıcaklıklarda ise en yüksek migrasyon hızının n-hekzanda olduğu belirlenmiştir. Sıcaklığın DEHP migrasyonu hızına etkisinin diğer fitalatlardan daha düşük olduğu tespit edilmiştir. DEP migrasyon hızının genellikle en yüksek çıkmasının düşük molekül ağırlığına sahip olmasından ve yağ-su partiyon katsayısının ($K_{o/w}$) yüksek olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.



Şekil 4. Farklı simulant için fitalatların belirli sıcaklıklardaki migrasyon hızları

Jeddi vd., (2014) tarafından yapılan çalışmada, evlerde ve perakende mağazalarında dondurulmuş veya diğer yaygın depolama koşullarında saklanan şişelenmiş sulardaki DBP, DEHP ve BBP miktarları araştırılmıştır. Bu amaçla 6 farklı markadan PET şişe su alınarak 6 farklı koşulda (-18°C, 0°C, 4-8°C, 25°C, 40°C ve dış ortam sıcaklığında (12-26,5°C)) 45 gün süreyle depolanmıştır.

Şekil 5'ten de görüldüğü gibi, BBP'nin düşük sıcaklıklarda (-18°C, 0°C ve 4-8°C ve 25°C'de tespit edilememiş, 40°C'de ve dış ortam sıcaklığında da çok düşük miktarlarda olduğu belirlenmiştir. Genel olarak sıcaklık ve depolama süresi arttıkça DEHP ve DBP'de artış olduğu, 40°C'de depolanan örneklerde depolama süresinin sonunda depolamadan önceki konsantrasyonlara göre; DEHP konsantrasyonunda %349,1, DBP konsantrasyonunda %935,8 ve BBP konsantrasyonunda %333,0 artış olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 0°C ve -18°C depolama koşullarında da DEHP ve DBP konsantrasyonlarının sırasıyla %52,1, %187,8, %59,6 ve %251,4 oranında arttığı belirlenmiştir. Temas sıcaklığın yanı sıra, temas süresi fitalat esterlerinin suya geçişini etkilemiştir. Diğer bir deyişle, saklama koşulları ve şişelenmiş suyun markası ne olursa olsun depolama süresinin artmasıyla suya geçen fitalat esterlerinin konsantrasyonu artmıştır.



*Groups without small letter do not have significant differences ($p>0.05$).
In other groups, different small letters show significant differences but there are not significantly different in similar small letters.

Şekil 5. Farklı depolama koşullarında PET şişelerden suya geçen fitalat esterlerinin konsantrasyonları

Jeddi vd., (2014) 0-6 yaş aralığı için bir risk değerlendirmesi de yapmıştır. Şişe sularından elde edilen migrasyon verilerine göre bebek (0-6 ay ve 7-12 ay), 1-3 yaş aralığı ve okul öncesi çocuklar (4-6 yaş) olacak şekilde gruplara ayırmış ve TDI değerlerini hesaplamışlardır. 40°C'de PET su şişelerinden DEHP'nin sırasıyla 0.240, 0.218, 0.20 ve 0.174 µg kg/vücut ağırlığı/gün olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak tüm senaryolarda PET şişelerden su alımı yoluyla fitalat migrasyonunun, hedef grup olan çocuklarda sağlık açısından bir risk beklenmediği sonucuna varılmıştır.

Farhoodi vd., (2008) DEHP'nin PET şişelerden İran'a özgü bir yoğurt içeceğine migrasyonunu incelemişlerdir. Avrupa Komisyonu düzenlemelerine göre simulant olarak asetik asit (%3 w/v) seçilmiştir. Farklı sıcaklıklarda (4°C, 25°C ve 45°C) 4 ay süreyle depolanan simulant örnekleri belirli periyotlarla analiz edilmiştir. Ambalajın simulant ile temasından etkilenip etkilenmediğini belirlemek için diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) kullanılmıştır. Analiz sonucunda 4°C depolama sıcaklığında DEHP migrasyonunun belirlenmediğini, depolama sıcaklığının 25°C'den 45°C'ye yükselmesinin DEHP migrasyonunu 1,5 kata kadar arttırdığını tespit eden Farhoodi ve ark. (2008), bu durumun difüzyon katsayısının artışıyla açıklanabileceğini belirtmiştir. Ayrıca depolama süresinin artışıyla da DEHP migrasyonunun arttığı gözlemlenmiştir. DSC sonuçları simulant ile ambalaj polimeri arasındaki etkileşimin PET'in yapısını etkilemediğini göstermiştir. Sonuç olarak maksimum DEHP konsantrasyonu 2,4 mg/L olarak bulunmuş, 10/2011/EU yönetmeliklerinde DEHP için belirtilen SML'nin (0,3 mg/L) altında olduğu tespit edilmiştir.

4.4.Ürünün pH Değerinin Migrasyon Hızına Etkisi

Bosnir vd., (2007) yaptıkları bir çalışmada PET ambalajlı 45 farklı alkolsüz içecek ve maden suyuna fitalat migrasyonunun belirlenmesi, migrasyon ile üründe kullanılan koruyucu türü ve ürün pH'sı arasındaki ilişkiyi belirlemeyi amaçlamışlardır. Ürün örnekleri, içerdikleri koruyucu türüne göre 5 gruba (Ortofosforik asit, sodyum benzoat, potasyum sorbat, sodyum benzoat-potasyum sorbat karışımı ve koruyucu içermeyen maden suyu) ayrılmıştır. Yapılan analizlerde DMP, DEP, DBP, BBP, DEHP, DOP ve toplam migrasyon analizleri yapılmıştır. Oda sıcaklığında (22°C) depolanan örnekler üretim tarihinden 30 gün sonra analiz edilmiştir.

Koruyucu içeren ilk 4 grupta en yüksek migrasyon oranına sahip fitalatın DMP olduğu belirlenmiştir. Maden suyu grubunda ise en fazla DBP, sonra DEHP ve en düşük DEP migrasyonu tespit edilirken DMP, DOP (LOD: 0,04 µg/L) ve BBP (LOD: 0,005 µg/L) migrasyonu tespit edilememiştir. Ayrıca hiçbir örnekte DOP tespit edilmemiş, BBP ise yalnızca potasyum sorbat grubunda (ortalama 5,40 µg/L) tespit edilmiştir. Diğer gruplardaki migrasyonun maden suyundaki migrasyondan 5 ila 40 kata kadar daha yüksek çıkması ürünler arasındaki pH farkı ile ilişkilendirilmiş, ürünün pH değeri azaldıkça migrasyon hızının artabileceği belirtilmiştir. pH değerinin 3'ün altında olma koşulu dikkate alınarak migrasyon seviyesinde yüksekten düşüğe potasyum sorbat, sodyum benzoat-potasyum sorbat karışımı, sodyum benzoat ve ortofostorik asit şeklinde bir sıralama yapılmıştır. EU tarafından DEHP, DBP ve BBP için belirlenen SML'ler (1,50 mg/kg, 0,3 mg/kg ve 30 mg/kg) ile yapılan karşılaştırma sonucunda 5 grup için de SML değerlerinin aşılmadığı görülmüştür.

Fang vd., (2016) yaptıkları bir çalışmada, PP ambalajlardan sıvı gıdalara DEHP ve DBP migrasyonuna pH seviyesinin ve ısıtma süresinin etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla 4 farklı pH değerinde (3,5,7 ve 9) sıvı gıda 0-5 dakika arasında farklı sürelerde ısıtılmıştır. Analiz sonuçlarında, DEHP, kuvvetli asidik koşullar (pH=3) dışında, ısıtılmamış numunelerin çoğunda tespit edilmemiştir. Isıtılmış numunelerin DEHP konsantrasyonu gıdanın pH seviyesine göre önemli ölçüde değişiklik göstermiştir. Özellikle pH 3'te ve pH 9'da DEHP migrasyonları ve ilk 1 dakikalık ısıtma süresinde DEHP migrasyonu önemli ölçüde gerçekleşmiş ve 1. dakikadan sonra daha düşük bir ivmeyle artış devam etmiştir. pH 5 ve 7'de DEHP migrasyon miktarları daha düşük miktarda gerçekleşmiş, iki pH değeri arasında önemli bir farklılık gözlenmemiş ve 1. dakikadan sonra ısıtma süresinin DEHP migrasyon miktarına önemli bir etkisi olmamıştır.

DBP migrasyonu ise, ısıtma koşullarından bağımsız olarak tüm numunelerde tespit edilmiştir. Özellikle pH 3'te diğer pH'lara göre önemli ölçüde yüksek miktarlarda gerçekleşmiş, asidik koşullar, ısıtma olmadan bile $66,1 \pm 3,9 \mu\text{g} / \text{L}$ konsantrasyonda DBP migrasyonuna neden olmuştur. Isıtma süresiyle tüm pH değerlerinde DBP migrasyonunda artış olduğu belirlenmiş ancak pH değeri ve ısıtma süresi arasında etkileşimin daha düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak asidik gıdaların ve daha uzun ısıtma süresinin fitalat migrasyonunu arttırdığı sonucuna varılmıştır. EFSA tarafından DEHP için belirlenen 0,05 mg/kg vücut ağırlığı/gün ve DBP için belirlenen 0,01 mg/kg vücut ağırlığı/gün TDI değerleri dikkate alındığında, 60 kg ağırlığında bir kişi için yüksek asitlikteki (pH 3) gıdalara gerçekleşen DEHP ve DBP migrasyonları kullanılarak yapılan hesaplamada, belirtilen TDI değerlerinin altında kaldığı görülmüştür. 10/2011/EU yönetmeliğine göre ise, DEHP ve DBP için SML değerleriyle karşılaştırıldığında (1,5 ve 0,3 mg/kg), DEHP ve DBP için belirlenen migrasyon miktarlarının tamamının sınır değerlerin altında olduğu belirlenmiştir.

Rastkari vd., (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, PET ve HDPE şişelere konulan 3 farklı asidik meyve suyuna (limon suyu, sirke ve koruk suyu) DEP, DBP ve DEHP migrasyonuna güneş ışığına maruz kalmanın etkisi incelenmiştir. Örnekler 25°C oda sıcaklığında veya güneş ışığı altında 2, 4 ve 6 ay süreyle depolanmışlardır. Ortalama fitalat konsantrasyonları; koruk suyu için <LOD ile 0,521 $\mu\text{g}/\text{L}$ arasında, limon suyu için <LOD ile 0,261 $\mu\text{g}/\text{L}$ arasında ve sirke için <LOD ile 0,599 $\mu\text{g}/\text{L}$ arasında belirlenmiştir. En yüksek migrasyon miktarlarının DEP ve DEHP için olduğu belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, numunelerin tamamında DEP, DBP ve DEHP migrasyon miktarlarının PET ambalajlarda HDPE ambalajlara göre daha fazla miktarda gerçekleştiği, güneş ışığına maruz kalmakla migrasyon miktarlarının arttığı belirlenmiştir. Ancak test edilen tüm numunelerin DEHP miktarları, EPA'nın DEHP için belirlediği limit değer olan 6 $\mu\text{g}/\text{L}$ 'nin oldukça altında olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, plastik şişelere konulan asidik meyve sularının, tüketiciler açısından fitalat esterlerine içecek yoluyla maruz kalması açısından önemli olmadığı ve bu tür meyve sularına gerçekleşebilecek fitalat migrasyonlarının olumsuz sağlık etkileri açısından endişe konusu olmadığı belirtilmiştir.

5.SONUÇ

Yağlı gıdalarda özellikle DEHP ve DBP migrasyonunun yağsız gıdalara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Migrasyonun zamana bağlı değişimini inceleyen bütün çalışmalarda migrasyon dengeye gelinceye kadar temas süresinin artışına bağlı olarak migrasyon miktarında da arttığı sonuçlarına varılmıştır. Migrasyonun sıcaklığa bağlı değişimini inceleyen çalışmalarda ise sıcaklık artışına bağlı olarak migrasyon hızının arttığı tespit edilmiştir. Asitli gıdalarda özellikle DEHP ve DBP migrasyonlarının incelendiği, 3'ün altındaki pH değerlerinde migrasyonun diğer pH değerlerine oranla daha hızlı gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca üzerinde en çok çalışma yapılan fitalatların sırasıyla DEHP, DBP ve BBP olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalara baktığımızda BBP genellikle tespit limitinin altında kalmıştır ve 40°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tespit edilebildiği görülmüştür. Çalışmaların büyük çoğunluğunda ise DEHP ve DBP tespit edilmiştir. Genel olarak yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar SML değerlerinin altında kalmıştır. Bazı çalışmalarda yüksek sıcaklık ve uzun depolama koşulları gibi durumlarda sonuçlar SML'nin üzerinde çıkmıştır. Fitalatların sağlığa etkileri üzerine yapılan çalışmalarında DBP maruziyetinin DEHP'den daha fazla olduğu, dolayısıyla DBP'nin sağlık üzerinde daha büyük risk oluşturduğu belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

Anonim. (2008), *Phthalate Exposure Assessment in Humans*. National Research Council (US) Committee on the Health Risks of Phthalates. Washington (DC). Erişim adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK215044/>

Anonim. (2019). *Kanserojen, Mutajenik, Reprotoksik (CMR) Maddeler*, Erişim Adresi: [https://oshwiki.eu/wiki/Kanserojen,_Mutajenik,_Reprotoksik_\(CMR\)_Maddeler#cite_note-2-3](https://oshwiki.eu/wiki/Kanserojen,_Mutajenik,_Reprotoksik_(CMR)_Maddeler#cite_note-2-3)

Anonim. (2020), *Phthalates in Food: How to Reduce Your Exposure*. <https://www.greenchildmagazine.com/phthalates-in-food-how-to-reduce-your-exposure/> (27.04.2021).

Ayamba, A. A. M., Agyekum, A. A., Derick, C., & Dontoh, D. (2020). Assessment of phthalate migration in polyethylene food contact materials sold on the Ghanaian market. *Cogent Environmental Science*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/23311843.2020.1794242>

Benjamin, S., Masai, E., Kamimura, N., Takahashi, K., Anderson, R. C., & Faisal, P. A. (2017). Phthalates impact human health: Epidemiological evidences and plausible mechanism of action. *Journal of Hazardous Materials*, 340, 360–383. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.06.036>

Biscardi, D., Monarca, S., De Fusco, R., Senatore, F., Poli, P., Buschini, A., Rossi, C., & Zani, C. (2003). Evaluation of the migration of mutagens/carcinogens from PET bottles into mineral water by Tradescantia/micronuclei test, Comet assay on leukocytes and GC/MS. *Science of the Total Environment*, 302(1–3), 101–108. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00349-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00349-2)

Bošnjir, J., Puntarić, D., Galić, A., Škes, I., Dijanić, T., Klarić, M., Grgić, M., Čurković, M., & Šmit, Z. (2007). Migration of phthalates from plastic containers into soft drinks and mineral water. *Food Technology and Biotechnology*, 45(1), 91–95.

Cao, X. L. (2010). Phthalate Esters in Foods: Sources, Occurrence, and Analytical Methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(1), 21–43. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00093.x>

Cariou, R., Larvor, F., Monteau, F., Marchand, P., Bichon, E., Dervilly-Pinel, G., Antignac, J. P., & Le Bizec, B. (2015). Measurement of phthalates diesters in food using gas chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 196, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.045>

Cavaliere, B., Macchione, B., Sindona, G., & Tagarelli, A. (2008). Tandem mass spectrometry in food safety assessment: The determination of phthalates in olive oil. *Journal of Chromatography A*, 1205(1–2), 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.08.009>

EFSA, (2019). *Update of the risk assessment of di-butylphthalate (DBP), butyl-benzyl-phthalate (BBP), bis(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP), di-isononylphthalate (DINP) and diisodecylphthalate (DIDP) for use in food contact materials*.

- Fang, H., Wang, J., & Lynch, R. A. (2016). Migration of di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) and di-n-butylphthalate (DBP) from polypropylene food containers. *Food Control*, 73, 1298–1302. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.10.050>
- Farhoodi, M., Emam-Djomeh, Z., Ehsani, M. R., & Oromiehie, A. (2008). Effect of environmental conditions on the migration of di(2-ethylhexyl) phthalate from pet bottles into yogurt drinks: Influence of time, temperature, and food simulant. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 33(2 B), 279–287.
- Gallart-Ayala, H., Núñez, O., & Lucci, P. (2013). Recent advances in LC-MS analysis of food-packaging contaminants. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 42, 186–204. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2012.09.017>
- Gelmez, B. (2015). Bitkisel Yağlara Bulaşan Di-2-Etil Hekzil Fitalatın (Dehp) Destilasyon Koşullarının Belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Hauser, R., & Calafat, A. M. (2004). Phthalates and human health. *Occupational and Environmental Medicine*, 62(11), 806–818. <https://doi.org/10.1136/oem.2004.017590>
- Hayasaka, Y. (2014). Analysis of phthalates in wine using liquid chromatography tandemmass spectrometry combined with a hold-back column:Chromatographic strategy to avoid the influence of pre-existingphthalate contamination in a liquid chromatography system. *Journal of Chromatography A*, 1372, 120-127.
- Jeddi, M. Z., Rastkari, N., Ahmadkhaniha, R., & Yunesian, M. (2014). Concentrations of phthalates in bottled water under common storage conditions: Do they pose a health risk to children? *Food Research International*, 69, 256–265. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.057>
- Jurewicz, J., & Hanke, W. (2011). Exposure to phthalates: Reproductive outcome and children health. A review of epidemiological studies. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 24(2), 115–141. <https://doi.org/10.2478/s13382-011-0022-2>
- Lovrenović, M., Mirjanić, N., & Grbić, S. (2020). Phthalates in Food Packaging-Impact on Human Health. *QUALITY OF LIFE*, 19(3-4), 110-125.
- Oruç, Y. (2020). Bazı Paketlenmiş İçecek Türlerinde ve Doğal Kaynak Suyunda Raf Ömrü Boyunca Olası Fitalat Esteri Migrasyonu Tespitinde LC-MS/MS Kullanımı. *T.C. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Bursa*.
- Özgür, A. (2021). Bazı Organik Kirleticilerin Derin Ötetkik Çözücülerle Ekstraksiyonu ve Kromatografik Analizleri, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mübendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Denizli*.
- Rastkari, N., Jeddi, M. Z., Yunesian, M., & Ahmadkhaniha, R. (2017). Effect of sunlight exposure on phthalates migration from plastic containers to packaged juices. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 16(1), 27–33. <https://doi.org/10.1007/s40201-018-0292-8>
- Rodgers, K. M., Rudel, R. A., & Just, A. C. (2014). Phthalates in Food Packaging, Consumer Products, and Indoor Environments. *Molecular and Integrative Toxicology*, 31–59. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6500-2_2

Sireli, U. T., Filazi, A., Yurdakok-Dikmen, B., Iplikcioglu-Cil, G., Kuzukiran, O., & Orhan, C. E. (2017). Determination of Phthalate Residues in Different Types of Yogurt by Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Estimation of Yogurt-Related Intake of Phthalates. *Food Analytical Methods*, 10(9), 3052–3062. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-0854-x>

Sørensen, L. K. (2006). Determination of phthalates in milk and milk products by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 20(7), 1135–1143. <https://doi.org/10.1002/rcm.2425>

TGK, 2018, *Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemelere Dair Yönetmelik*, T.C. Resmi Gazete Sayı:30382.

TGK, 2019, *Gıda ile Temas Eden Plastik Madde ve Malzemeler Tebliği*, Tebliğ No:2019/44, T.C. Resmi Gazete Sayı:30989.

Xu, Q., Yin, X., Wang, M., Wang, H., Zhang, N., Shen, Y., Xu, S., Zhang, L., & Gu, Z. (2010). Analysis of phthalate migration from plastic containers to packaged cooking oil and mineral water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(21), 11311–11317. <https://doi.org/10.1021/jf102821h>

Yang, J., Song, W., Wang, X., Li, Y., Sun, J., Gong, W., & Sun, C. (2019). Migration of phthalates from plastic packages to convenience foods and its cumulative health risk assessments. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 12(3), 151–158. <https://doi.org/10.1080/19393210.2019.1574909>

Yerlikaya, P., (2017). Fitalat Esterleri ve Su Ürünleri Tüketimindeki Yeri, *Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi*, Antalya, Türkiye, 3(2):59-66. <https://doi.org/10.3153/JFHS17008>

Yuan, H., Hao, Q., Su, R., Qi, W., & He, Z. (2019). Migration of phthalates from polyvinyl chloride film to fatty food simulants: experimental studies and model application. *Journal Fur Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit*, 15(2), 135–143. <https://doi.org/10.1007/s00003-019-01249-x>.

10/2001/EU. (2011) *Commission Regulation on plastic materials and articles intended to come into contact with food*. Official Journal of the European Communities, L 12/1.

Erkek İnfertilitesi ile Kromozom 1'in Perisentrik İnversiyonu Arasındaki İlişki

Özgür BALASAR¹

Müşerref BAŞDEMİRCİ²

GİRİŞ

İnfertilite günümüzde çocuk sahibi olmaya çalışan çiftlerin yaklaşık %15'ini etkileyen önemli bir sağlık sorunudur. İnfertil çiftlerin yaklaşık yarısında erkek infertilite faktörleri etkilidir ve dünya çapındaki erkeklerin yaklaşık %4'ünü etkiler (Li vd., 2020: 343). Erkek infertilitesine sebep olan genetik kökenli faktörler: Multifaktöriyel hastalıklar, genetik orijinli endokrin hastalıklar, tek gen hastalıkları, mitokondriyal DNA (mtDNA) mutasyonları ve kromozomal bozukluklardır.

Kromozomal bozukluklar, normal popülasyonla kıyaslandığında infertil erkeklerde daha yaygın görülür (Johnson, 1998: 398). Yapısal kromozomal bozukluklar, gonad hücrelerinde anormal segregasyona ve mayotik arreste neden olarak, infertilite, spontan düşük, ölü doğum veya malforme bebek doğumuna sebebiyet verebilir. Perisentrik inversiyonlar dengeli yapısal kromozomal bozukluklardır. Kromozomun uzun ve kısa kollarında sentromeri içine alan 2 kırık noktasının ortasında kalan kısmın ters dönerek tekrar birleşmesi ile oluşur. Perisentrik inversiyonlar çoğunlukla tesadüfen tanımlanır ve bu bireylerin çoğu normal fenotipe ve normal doğurganlık potansiyeline sahiptir. Ayrıca bozulmuş mayotik olayları takiben kromozomal olarak dengesiz gametlerin üretilmesi nedeniyle reproduktif riskler görülebilir. Bu sebeplerle, kromozom 1'de perisentrik inversiyonu olan erkek taşıyıcıların genetik danışmanlığı zordur. Perisentrik inversiyonların yaklaşık %12'si erkeklerde infertiliteye neden olur (Li vd., 2020: 343). Farklı kromozomlardaki inversiyonlar veya aynı kromozomdaki farklı kırık noktaları farklı klinik sonuçlara yol açabilir.

Çalışmalar, kromozom 1'deki perisentrik inversiyonun azospermi ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Li vd., 2020: 343). Bundan önce kırık noktasının pozisyonundan bağımsız olarak spermatogenez bozulmaya sebep olarak erkek infertilitesine neden olduğu düşünülmüştür (Chandley vd., 1987: 327). Genom dizileme teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, kromozom 1 üzerinde belirli bölgelerde spermatogenez ile ilgili genler bulunmuştur. Kromozom 1'de, spermatogenez için bütünlüğü çok önemli olan bir lokus bulunabilir (Bache vd., 2004: 993). Bununla birlikte, kromozom 1'deki perisentrik inversiyon taşıyıcılarının normal doğurganlığa ve ailesel geçişe sahip olduğu da bildirilmiştir (Li vd., 2020: 343). Kromozom 1'deki spesifik inversiyon/kırık noktası ile klinik sonuç arasındaki ilişkinin daha fazla açıklığa kavuşturulması gerekmektedir. Çalışmanın amacı kromozom 1'in perisentrik inversiyonuna sahip olan iki infertil vakayı literatürdeki diğer vakalarla beraber

¹ Özgür BALASAR, Tıbbi Genetik Uzmanı, MD, Konya Şehir Hastanesi, Tıbbi Genetik Bölümü

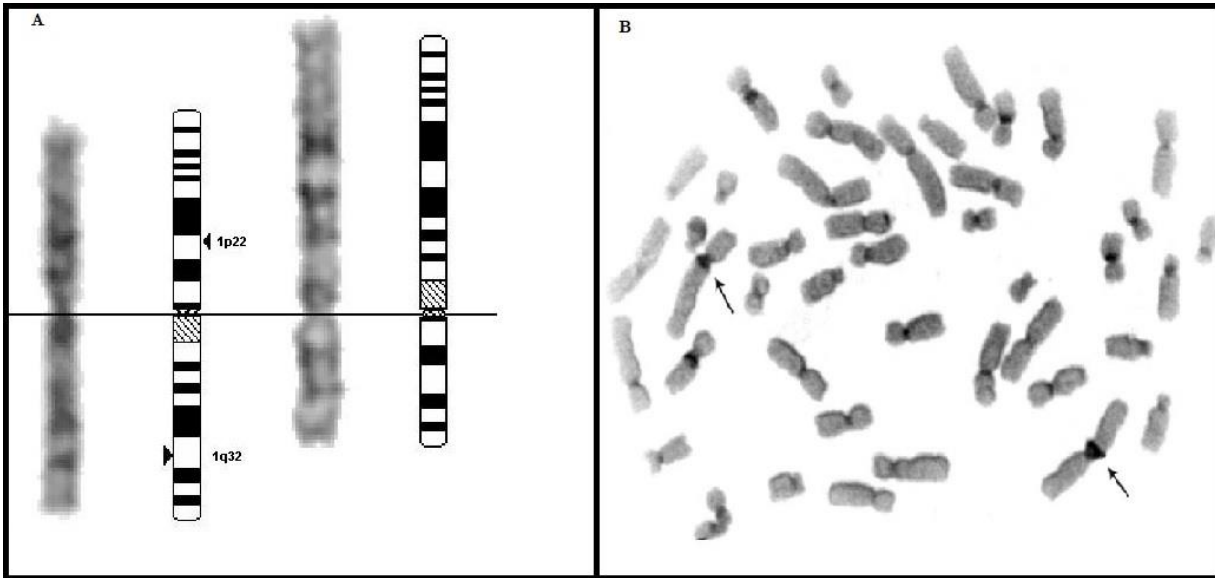
² Müşerref BAŞDEMİRCİ Tıbbi Genetik Uzmanı, MD, Konya Şehir Hastanesi, Tıbbi Genetik Bölümü

değerlendirip, etyopatogenik nedenleri üzerinde durmak ve kromozom 1'deki perisentrik inversonun kırık noktası ile spermatogenez arasındaki ilişkiyi incelemektir.

YÖNTEM

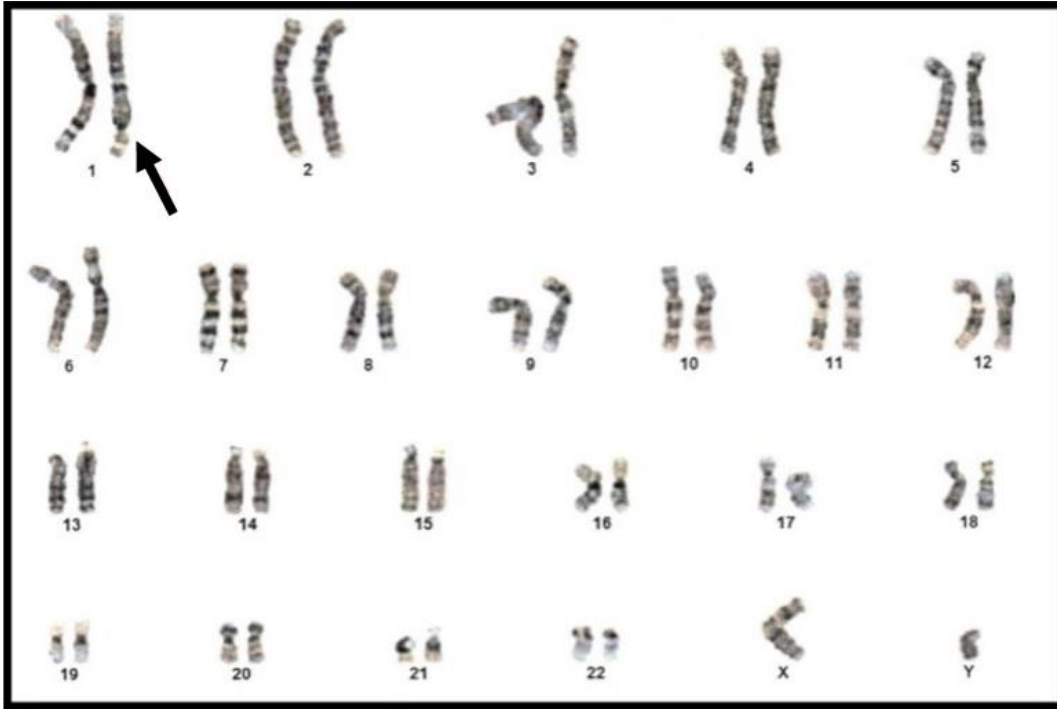
Literatürde “kromozom 1/ perisentrik inverson/ erkek infertilitesi” anahtar kelimeleri kullanılarak tarama yapıldı. Kromozom 1'de perisentrik inversonu olan vakalar bulundu ve sınıflandırıldı. Bunlar, 1 nolu kromozomunda perisentrik inversonu olan üreme çağındaki erkek vakaları içeriyordu ve hematolojik malignansiye bağlı kromozomal anormalliği olanlar ve kromozomunda kompleks yapısal değişiklikleri olanlar hariç tutuldu. Literatür analizinden elde edilen inverson kırık bölgeleri ve klinik özellikleri tabloda gösterildi (Tablo 1). Kromozom 1'de perisentrik inversonu olan 2 infertil erkek hastamızda bu gruba dahil edildi. Bu sonuçlar göstermektedir ki olguların %70.3'ünde (26/37) spermatogenik bozukluk vardır.

İlk hastamız 54 yaşında erkek hasta primer infertilite nedeniyle kliniğimize başvurdu. Fizik muayenede testisler normal boyutta ve vaz deferensleri normal olup erkek dış genitelyaya sahipti. Jinekomasti belirtisi yoktu. Semen analizinde azospermi olduğu görüldü. Rutin hematolojik, biyokimyasal testleri ve hormon düzeyleri (FSH, LH, PRL, toplam testosteron ve serbest testosteron) normal aralıklarda tespit edildi. GTG bantlama ve C-bantlama boyama teknikleri kullanılarak konvansiyonel sitogenetik yöntem ile kromozomlar analiz edildi. Analizi sonucunda hastada kromozom 1'in büyük bir perisentrik inversonu, 46,XY,inv(1)(p22q32), tespit edildi (Şekil 1). Hastanın ebeveynlerinin karyotipleri normal bulundu. İnverson de novo olarak değerlendirildi. Ailede anormal gebelik ve infertilite öyküsü yoktu. Hastadaki SRY (sex-determining region of the Y-chromosome) bölgesinin varlığı SRY özgül prob kullanılarak FISH yöntemi ile tespit edildi. AZF (azoospermia factor) bölgeleri (AZFa, AZFb, AZFc ve AZFd) spesifik markerlar (sY254, sY84, sY86, sY141, sY160, sY158, sY142, sY152, sY233, sY147) kullanılarak polimeraz zincir reaksiyonu ile analiz edildi ve bu bölgelerde delesyon olmadığı görüldü.



Şekil 1- Şekil 1A'da GTG bantlama yapılmış normal (sol) ve invert (sağ) 1 nolu kromozomlar idiogramlarıyla birlikte gösterilmiştir. Şekil 1B'de C bantlama yapılmış invert (sol) ve normal (sağ) 1 nolu kromozomlar oklarla gösterilmiştir.

İkinci hastamız 29 yaşındaki erkek hasta 3 yıldır korunmasız ilişkiye rağmen çocuk olamama şikayeti ile kliniğimize yönlendirildi. Fizik muayene normaldi. Rutin hematolojik, biyokimyasal ve hormon test (FSH, LH, PRL, toplam testosteron ve serbest testosteron) sonuçları normal tespit edildi. Semen analizinde şiddetli oligospermi görüldü. AZF ve SRY bölgeleri spesifik markerlar (sY82, sY83, sY84, sY86, sY88, sY1065, sY105, sY121, sY127, sY134, sY143, sY153, sY254, sY255, sY160, sY1191, sY1291, sY14, ZFX/Y ve AmelXY) kullanılarak fragman analizi ile değerlendirildi ve bu bölgelerin normal olduğu tespit edildi. Klasik sitogenetik yöntemlerle yapılan kromozom analizinde 46,XY,inv(1)(p12q32) tespit edildi (Şekil 2).



Şekil 2- Hastaya ait karyotip görüntüsünde inversonlu 1 nolu kromozom ok ile gösterilmiştir.

Erkek infertilitesine yol açan en önemli genetik faktörlerden birisi kromozomal anomalilerdir. İnfertil erkeklerin %0.16'sında perisentrik ve parasentrik inversonlar bulunur (Perrin vd., 2013: 634). Her ne kadar inversonun, spermatogenik bozulmaya yol açarak erkek infertilitesine neden olduğu düşünülmüş olsa da kromozom 1'deki spesifik kromozomal kırık noktaları ile spermatogenik bozukluk derecesi arasında anlamlı bir ilişki olmadığı da bildirilmiştir (Meschede vd., 1994: 573). Ayrıca güncel literatür bilgileri, inv(1)'in her zaman kısırlığa neden olmadığını göstermektedir (Li vd., 2020: 346). Kromozom 1'in perisentrik inversonu klinik bulgu vermeden bazen prenatal dönemde tanı almakta, bazen de nesiller boyunca ailesel geçişle alt jenerasyona aktarım olmaktadır (Uehara vd., 1995: 261). Perisentrik inversonlar dengeli kromozomal yeniden düzenlemelerdir; DNA'nın paketlenmesi esnasında kromozomal olarak farklı paketlenmiş olsa da tüm kromozomal materyal vardır. Burada gerçekten dengeli olan düzenlemelerle, sitogenetik olarak dengeli görüldüğü halde moleküler düzeyde dengeli olmayanları ayırt etmek gerekir. Moleküler düzeyde dengesiz olan durumlarda etkilenen genler, kliniğin oluşmasında önem arz eder. Perisentrik inverson moleküler düzeyde dengeli olsa bile sonraki nesiller için tehlike arz ettiğide unutulmamalıdır.

Tablo 1'de, inv(1)'deki her bir kırık noktasının infertilite ile ilişkili olabileceği ve çoğu erkek taşıyıcıda spermatogenik bozukluğa neden olabileceği görülmektedir. Perisentrik inversonun

spermatogenez üzerindeki etkisinin mekanizması kesin olarak bilinmemektedir. Bir hipoteze göre, inversiyonların mayoz bölünmede doğal seyrinde olması gereken kromozomlar arası eşleşme, sinaps ve rekombinasyon olaylarını bozduğu yönündedir (Li vd., 2020: 346). İnversiyon taşıyıcılarında heterosinaps, asinaptik bölge ve azalmış rekombinasyon gözlenir. Sinapsın doğruluğu, spermatogenezin uygun bir şekilde ilerlemesi için kritik bir öneme sahiptir. Her gamete genetik materyalin doğru bir şekilde ayrılmasını sağlayan, mayoz I profazdaki homolog kromozomlar arasındaki eşleşme, sinaps ve rekombinasyondur. Bu süreçler, inversiyon gibi kromozomal bozukluklar tarafından bozulursa, doğru eşleşme ve sinaps gerçekleşmeyecektir. Yanlış eşleşme ve sinaps mayotik kontrol noktasını indükleyerek mayotik arreste ve apoptozise neden olur. Ayrıca homolog kromozomlar arasında rekombinasyonun azalması spermatogenez de bozmaktadır. Dolayısıyla inversiyon spermatogenezin arrest, azospermi veya azalmış sperm konsantrasyonuna yol açar. Aslında bu durum sadece inversiyon için geçerli bir durum olmayıp birçok kromozomal bozukluk için de geçerlidir.

Diğer bir hipotez de, XY bivalenti ile invert kromozom arasındaki etkileşimdir. Hem fare hem de insan mayoz bölünmesinde, inversiyon, resiprokal veya Robertsonian translokasyon dahil olmak üzere kromozomal bozuklukları olan bireylerde XY bivalent ile anormal kromozom arasında etkileşim gözlenmektedir (Johannisson vd., 1987: 223). Bu da, spermatozoidlerde mayotik arreste neden olabilir. Bu sıradışı durum, inv(1)'e sahip kişilerde ki mayoz çalışmaları ile netlik kazanabilir.

Bir diğer hipotez ise kırık noktadaki gen veya genlerin fonksiyonun bozulmasıyla ilgilidir. Kırık noktada fonksiyonu bozulan gen spermatogenezde rol oynayan bir gen ise infertiliteye sebep olabilir. Bu mekanizma hastalarımızdaki infertilite nedenini açıklayabilir. Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM) veri tabanında, testiste eksprese olduğu bilinen 339 gen vardır (Li vd., 2020: 346). Bu genlerin testisteki fonksiyonları tam olarak bilinmemekle beraber 64 tanesinin OMIM'de spermatogenez bozuklukla ilişkisi gösterilmiştir. Bunlardan 3 tanesi 1 nolu kromozomda lokalizedir. İlki bromodomain, testis-specific (*BRDT*) geni 1 nolu kromozom üzerinde 1p22.1'de yer alır ve homozigot mutasyonları asefalik spermatozoaya yol açar. İkincisi sperm-associated antigen 17 (*SPAG17*) geni 1p12'de lokalize olup sperm motilitesinde azalmaya yol açarak infertiliteye neden olur. Sonuncusu ise spermatogenic failure 2 (*SPGF2*) geni 1 nolu kromozom üzerindeki sitogenetik lokasyonu bilinmemekle beraber heterozigot mutasyonları azospermi ve oligospermiye neden olmaktadır.

Ayrıca cell division cycle 14A (*CDC14A*) geni 1.kromozomun 1p21.2 bölgesinde yer alır ve mutasyonları yüksek oranda anormal morfolojili hareketsiz sperm üretimi ile sonuçlanır (İmtiaz vd., 2018: 780). *CDC14A* genindeki homozigot mutasyonlar bazı erkeklerde infertiliteye neden olabilmektedir. Literatürde bu genler dışında 1 nolu kromozom üzerinde insan erkek infertilitesi ile ilişkisi bildirilen başka genler de vardır. Tektin 2 (*TEKT2*) geni 1 nolu kromozomun kısa kolunda lokalizedir (1p34.3) ve testiste eksprese edilir. *TEKT2* geninin fonksiyon kaybettirici mutasyonları, sperm motilitesinin bozulmasına neden olur (Wolkowicz vd., 2002: 243). Sperm mitochondria-associated cysteine-rich protein (*SMCP*) ve ornithine decarboxylase antizyme 3 (*OAZ3*) genleri 1q21.3'de lokalizedir. *SMCP* geni sperm mitokondrisinin yapısının korunması ve stabilizasyonu için önemlidir (Nayernia vd., 2002: 3048). *OAZ3* geni ise spermatogenezin erken evresinde eksprese olmaya başlar ve geç spermatid evresinde ekspresyonu durur (Ivanov vd., 2002: 4811). Cation channel, sperm-associated, auxiliary subunit epsilon (*CATSPERE*) geni 1 nolu kromozomun 1q44 bölgesinde lokalize olup spermatozoanın hiperaktif hareketliliğinde ve erkek fertilitesinde rol alır (Chung vd., 2017: 23082). 1p31.1'de lokalize olan MutS homolog (*MSH4*) geni insan testisinde eksprese olur ve hayvan modellerinde erkek farelerde infertiliteye yol açar.

İlginç bir şekilde, inversonlu kromozomu annelerinden kalıtın infertil erkeklerde azospermi olmasına rağmen, annelerinde subfertil belirtisi bile görülmemesi dikkat çekicidir (Perrin vd., 2013: 635). Bu nedenle, inversonlar kadın infertilitesine değil erkek infertilitesine neden oluyor gibi görülmesine rağmen bu farklılığın altında yatan mekanizmanın anlaşılması için moleküler düzeyde araştırmalar yapılması gerekmektedir. İnfertil erkekler arasında en sık görülen kromozomal yeniden düzenleme 1 nolu kromozomun perisentrik inversonudur (Bache vd., 2004: 999). Bu durumun genotip-fenotip korelasyon paternlerini keşfetmek için seminal, endokrin ve histolojik parametreleri doğru bir şekilde kayıt ederek inversonun kırık noktalarının sekansının yapılması gerekmektedir.

Tablo 1- Literatürde bildirilen kromozom 1'de perisentrik inversonlu taşıyıcıların kırık bölgeleri ve klinik özellikleri.

Vakalar	Kırık bölgeleri	Klinik özellikler	Referans
1	inv(1)(p36.3q12)	Oligospermi	Barros vd. (1986)
2	inv(1)(p36.3q21)	Oligoastenospermi	Luo vd. (2014)
3	inv(1)(p36.3q43)	Kriptoospermi	Morel vd. (2007)
4	inv(1)(p36.2q42)	Tekrarlayan düşükler	Luo vd. (2014)
5	inv(1)(p36.1q32)	Düşük veya ölü doğum	Johnson vd. (1988)
6	inv(1)(p36q12)	Şiddetli oligospermi	Chandley vd. (1987)
7	inv(1)(p36q25)	Azospermi	Li vd. (2012)
8	inv(1)(p36q25)	Şiddetli oligospermi	Zhang vd. (2015)
9	inv(1)(p36q42)	Gebelik kaybı	Honeywell vd. (2012)
10	inv(1)(p36q42)	Tekrarlayan gebelik kaybı	Fryns ve Van Buggenhout (1998)
11	inv(1)(p35q21)	Azospermi	Rivera vd. (1984)
12	inv(1)(p34q12)	Şiddetli oligospermi	Antonelli vd. (2000)
13	inv(1)(p34q23)	Azospermi	Meschede vd. (1994)
14	inv(1)(p34q23)	Azospermi	Tóth vd. (1982)
15	inv(1)(p33q25)	Azospermi	Chandley vd. (1987)
16	inv(1)(p32q12)	Oligoastenoteratospermi	Gabriel-Robez vd. (1986)
17	inv(1)(p32q21)	Oligoastenospermi	Luo vd. (2014)
18	inv(1)(p32q21)	Spontan abortus	Guichaoua vd. (1986)
19	inv(1)(p32q32)	Oligoastenoteratospermi	Luo vd. (2014)
20	inv(1)(p32q42)	Azospermi	Chandley vd. (1987)
21	inv(1)(p32q42)	Azospermi	Batanian ve Hulten (1987)
22	inv(1)(p31q12)	Habitüel abortus	Martin vd. (1994)
23	inv(1)(p31q13)	Bozulmuş spermatogenez	Mierla vd. (2014)
24	inv(1)(p31q43)	Oligospermi	Chandley vd. (1987)
25	inv(1)(p22.1q34.1)	İnfertilite	Young vd. (2019)
26	inv(1)(p22q42)	Oligoteratospermi	Chantot-Bastaraud vd. (2007)
27	inv(1)(p21q31)	Azospermi	Kirkpatrick vd. (2012)
28	inv(1)(p13q11)	Tekrarlayan düşükler	Sachs vd. (1985)
29	inv(1)(p13q21)	Şiddetli oligospermi	Dul vd. (2012)
30	inv(1)(p13q23)	Bozulmuş spermatogenez	Mierla vd. (2014)
31	inv(1)(p13q23)	İnfertilite	Saxena vd. (2012)
32	inv(1)(p13q23)	Normal fertilitte (tesadüfi tespit)	Uehara vd. (1995)
33	inv(1)(p13q25)	Azospermi	Giraldo vd. (1981)
34	inv(1)(p11q12)	Oligoastenospermi	Luo vd. (2014)
35	inv(1)(p13q42)	İki düşük öyküsü	Li vd. (2020)
36	inv(1)(p22q32)	Azospermi	Bu çalışma
37	inv(1)(p12q32)	Şiddetli oligospermi	Bu çalışma

Sonuç olarak, bu çalışmada kromozom 1'in perisentrik inversonunun infertilite ile ilişkisi iki erkek hasta üzerinden literatürdeki vakalar eşliğinde değerlendirildi. İnfertil bireylerde kromozom analizi infertilite sebebinin ortaya çıkarılmasında oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca inversonlarda

kırık noktalarının hekimler tarafından dikkatle değerlendirilmesi, genetik danışmanlık açısından önemlidir. Kromozom 1'deki kırık noktası ile erkek infertilitesi arasındaki ilişkinin aydınlığa kavuşması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Etyopatogenik nedenlerin açıklığa kavuşturulması ise benzer hasta sayılarının artırılarak moleküler tekniklerin uygulanması ile mümkün olacaktır.

KAYNAKÇA

- 1- Antonelli, A., Gandini, L., Petrinelli, P., Marcucci, L., Elli, R., Lombardo, F., ... & Lenzi, A. (2000). Chromosomal alterations and male infertility. *Journal of Endocrinological Investigation*, 23(10), 677-683. doi: 10.1007/BF03343793
- 2- Bache, I., Van Assche, E., Cingoz, S., Bugge, M., Tümer, Z., Hjorth, M., ... & Tommerup, N. (2004). An excess of chromosome 1 breakpoints in male infertility. *European Journal of Human Genetics*, 12(12), 993-1000. doi:10.1038/sj.ejhg.5201263
- 3- Barros, A., Tavares, M. C., Gomes, M. P., & Tavares, M. P. (1986). Familial inv (1)(p36. 3q12) associated with sterility. *Journal of Medical Genetics*, 23(1), 90. doi: 10.1136/jmg.23.1.90-a
- 4- Batanian, J., & Hulten, M. A. (1987). Electron microscopic investigations of synaptonemal complexes in an infertile human male carrier of a pericentric inversion inv (1)(p32q42). Regular loop formation but defective synapsis including a possible interchromosomal effect *Human Genetics*, 76(1), 81-89. doi: 10.1007/BF00283055.
- 5-Chandley, A. C., McBeath, S., Speed, R. M., Yorston, L., & Hargreave, T. B. (1987). Pericentric inversion in human chromosome 1 and the risk for male sterility. *Journal of Medical Genetics*, 24(6), 325-334. <http://dx.doi.org/10.1136/jmg.24.6.325>
- 6- Chantot-Bastaraud, S., Ravel, C., Berthaut, I., McElreavey, K., Bouchard, P., Mandelbaum, J., & Siffroi, J. P. (2007). Sperm-FISH analysis in a pericentric chromosome 1 inversion, 46, XY, inv (1)(p22q42), associated with infertility. *Molecular Human Reproduction*, 13(1), 55-59. <https://doi.org/10.1093/molehr/gal094>
- 7- Chung, J. J., Miki, K., Kim, D., Shim, S. H., Shi, H. F., Hwang, J. Y., ... & Clapham, D. E. (2017). CatSper ζ regulates the structural continuity of sperm Ca²⁺ signaling domains and is required for normal fertility. *Elife*, 6, e23082. <https://doi.org/10.7554/eLife.23082.002>
- 8- Dul, E. C., van Echten-Arends, J., Groen, H., Dijkhuizen, T., Land, J. A., & van Ravenswaaij-Arts, C. M. A. (2012). Chromosomal abnormalities in azoospermic and non-azoospermic infertile men: numbers needed to be screened to prevent adverse pregnancy outcomes. *Human Reproduction*, 27(9), 2850-2856. doi: 10.1093/humrep/des222.
- 9- Fryns, J. P., & Van Buggenhout, G. (1998). Structural chromosome rearrangements in couples with recurrent fetal wastage. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 81(2), 171-176. [https://doi.org/10.1016/S0301-2115\(98\)00185-7](https://doi.org/10.1016/S0301-2115(98)00185-7)
- 10- Gabriel-Robez, O., Ratomponirina, C., Rumpler, Y., Le Marec, B., Luciani, J. M., & Guichaoua, M. R. (1986). Synapsis and synaptic adjustment in an infertile human male heterozygous for a pericentric inversion in chromosome 1. *Human Genetics*, 72(2), 148-152. doi: 10.1007/BF00283934.
- 11- Giraldo, A., Silva, E., Martínez, I., Campos, C., & Guzmán, J. (1981). Pericentric inversion of chromosome 1 in three sterile brothers. *Human Genetics*, 58(2), 226-227. doi: 10.1007/BF00278718.
- 12- Guichaoua, M. R., Delafontaine, D., Taurelle, R., Taillemite, J. L., Morazzani, M. R., & Luciani, J. M. (1986). Loop formation and synaptic adjustment in a human male heterozygous for two pericentric inversions. *Chromosoma*, 93(4), 313-320. doi: 10.1007/BF00327589.
- 13- Honeywell, C., Argiropoulos, B., Douglas, S., Blumenthal, A. L., Allanson, J., McGowan-Jordan, J., & McCready, M. E. (2012). Apparent transmission distortion of a pericentric chromosome one

inversion in a large multi-generation pedigree. *American Journal of Medical Genetics Part A*, 158(6), 1262-1268. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.35286>

14- Imtiaz, A., Belyantseva, I. A., Beirl, A. J., Fenollar-Ferrer, C., Bashir, R., Bukhari, I., ... & Friedman, T. B. (2018). CDC14A phosphatase is essential for hearing and male fertility in mouse and human. *Human Molecular Genetics*, 27(5), 780-798. <https://doi.org/10.1093/hmg/ddx440>

15- Ivanov, I. P., Rohrwasser, A., Terreros, D. A., Gesteland, R. F., & Atkins, J. F. (2000). Discovery of a spermatogenesis stage-specific ornithine decarboxylase antizyme: antizyme 3. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(9), 4808-4813. <https://doi.org/10.1073/pnas.070055897>

16- Johannisson, R., Löhrs, U., Wolff, H. H., & Schwinger, E. (1987). Two different XY-quadrivalent associations and impairment of fertility in men. *Cytogenetic and Genome Research*, 45(3-4), 222-230. <https://doi.org/10.1159/000132458>

17- Johnson, M. D. (1998). Genetic risks of intracytoplasmic sperm injection in the treatment of male infertility: recommendations for genetic counseling and screening. *Fertility and sterility*, 70(3), 397-411. [https://doi.org/10.1016/S0015-0282\(98\)00209-X](https://doi.org/10.1016/S0015-0282(98)00209-X)

18- Johnson, D. D., Dobyns, W. B., Gordon, H., & Dewald, G. W. (1988). Familial pericentric and paracentric inversions of chromosome 1. *Human Genetics*, 79(4), 315-320. doi: 10.1007/BF00282168

19- Kirkpatrick, G., Chow, V., & Ma, S. (2012). Meiotic recombination, synapsis, meiotic inactivation and sperm aneuploidy in a chromosome 1 inversion carrier. *Reproductive Biomedicine Online*, 24(1), 91-100. doi: 10.1016/j.rbmo.2011.09.013.

20- Li, D., Zhang, H., Wang, R., Zhu, H., Li, L., & Liu, R. (2012). Chromosomal abnormalities in men with pregestational and gestational infertility in northeast China. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 29(8), 829-836. doi: 10.1007/s10815-012-9783-1

21- Li, L., Sha, Y., Wang, X., Li, P., Wang, J., Kee, K., & Wang, B. (2017). Whole-exome sequencing identified a homozygous BRDT mutation in a patient with acephalic spermatozoa. *Oncotarget*, 8(12), 19914-19922. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.15251>

22-Li, R., Fan, H., Zhang, Q., Yang, X., Zhan, P., & Feng, S. (2020). Pericentric inversion in chromosome 1 and male infertility. *Open Medicine*, 15(1), 343-348. <https://doi.org/10.1515/med-2020-0404>

23- Luo, Y., Xu, C., Sun, Y., Wang, L., Chen, S., & Jin, F. (2014). Different segregation patterns in five carriers due to a pericentric inversion of chromosome 1. *Systems Biology in Reproductive Medicine*, 60(6), 367-372. DOI: 10.3109/19396368.2014.948580

24- Martin, R. H., Chernos, J. E., Lowry, R. B., Pattinson, H. A., Barclay, L., & Ko, E. (1994). Analysis of sperm chromosome complements from a man heterozygous for a pericentric inversion of chromosome 1. *Human Genetics*, 93(2), 135-138. doi: 10.1007/BF00210597.

25- Meschede, D., Froster, U. G., Bergmann, M., & Nieschlag, E. (1994). Familial pericentric inversion of chromosome 1 (p34q23) and male infertility with stage specific spermatogenic arrest. *Journal of Medical Genetics*, 31(7), 573-575. <http://dx.doi.org/10.1136/jmg.31.7.573>

26- Mierla, D., Jordan, D., & Stoian, V. (2014). Chromosomal abnormality in men with impaired spermatogenesis. *International Journal of Fertility & Sterility*, 8(1), 35.

- 27- Morel, F., Laudier, B., Guerif, F., Couet, M. L., Royere, D., Roux, C., ... & Douet-Guilbert, N. (2007). Meiotic segregation analysis in spermatozoa of pericentric inversion carriers using fluorescence in-situ hybridization. *Human Reproduction*, 22(1), 136-141. <https://doi.org/10.1093/humrep/del317>
- 28- Nayernia, K., Adham, I. M., Burkhardt-Göttges, E., Neesen, J., Rieche, M., Wolf, S., ... & Engel, W. (2002). Asthenozoospermia in mice with targeted deletion of the sperm mitochondrion-associated cysteine-rich protein (Smcp) gene. *Molecular and Cellular Biology*, 22(9), 3046-3052. <https://doi.org/10.1128/MCB.22.9.3046-3052.2002>
- 29- Perrin, A., Nguyen, M. H., Bujan, L., Vialard, F., Amice, V., Guéganic, N., ... & Morel, F. (2013). DNA fragmentation is higher in spermatozoa with chromosomally unbalanced content in men with a structural chromosomal rearrangement. *Andrology*, 1(4), 632-638. <https://doi.org/10.1111/j.2047-2927.2013.00100.x>
- 30- Rivera, H., Alvarez-Arratia, M. C., Moller, M., Diaz, M., & Cantu, J. M. (1984). Familial inv (1)(p3500q21. 3) associated with azoospermia. *Human Genetics*, 66(2), 165-167. doi: 10.1136/jmg.31.7.573
- 31- Sachs, E. S., Jahoda, M. G., Van Hemel, J. O., Hoogeboom, A. J., & Sandkuyl, L. A. (1985). Chromosome studies of 500 couples with two or more abortions. *Obstetrics and Gynecology*, 65(3), 375-378.
- 32- Saxena, S. G., Desai, K., Shewale, L., Ranjan, P., & Saranath, D. (2012). Chromosomal aberrations in 2000 couples of Indian ethnicity with reproductive failure. *Reproductive Biomedicine Online*, 25(2), 209-218. doi: 10.1016/j.rbmo.2012.04.004.
- 33- Tóth, A., Gaál, M., Sára, G., & László, J. (1982). Pericentric inversion of chromosome 1 in an azoospermic man. *Journal of Medical Genetics*, 19(4), 303.
- 34- Uehara, S., Takabayashi, T., Takeyama, Y., Okamura, K., & Yajima, A. (1995). Familial pericentric inversion incidentally detected at prenatal diagnosis. *Japanese Journal of Human Genetics*, 40(3), 259-263. DOI: 10.1007/BF01876184
- 35- Wolkowicz, M. J., Naaby-Hansen, S., Gamble, A. R., Reddi, P. P., Flickinger, C. J., & Herr, J. C. (2002). Tektin B1 demonstrates flagellar localization in human sperm. *Biology of Reproduction*, 66(1), 241-250. <https://doi.org/10.1095/biolreprod66.1.241>
- 36- Young, D., Klepacka, D., McGarvey, M., Schoolcraft, W. B., & Katz-Jaffe, M. G. (2019). Infertility patients with chromosome inversions are not susceptible to an inter-chromosomal effect. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 36(3), 509-516. doi: 10.1007/s10815-018-1376-1.
- 37- Zhang, M., Fan, H. T., Zhang, Q. S., Wang, X. Y., Yang, X., Tian, W. J., & Li, R. W. (2015). Genetic screening and evaluation for chromosomal abnormalities of infertile males in Jilin Province, China. *Genet Mol Res*, 14(4), 16178-84. DOI <http://dx.doi.org/10.4238/2015.December.8.7>

Meme Kanseri Hastalarında Erbb4 Geninin Prognostik Değeri Üzerine Bir Araştırma

Esen ÇAKMAK¹

GİRİŞ

Meme kanseri dünyada en sık görülen kanserler arasında yer almakla birlikte kadınlarda kansere bağlı ölümlerin başlıca nedenlerinden biridir. Son yıllarda gelişen erken tanı ve tedavi rejimlerine rağmen meme kanseri kötü prognoz sergilemeye devam etmektedir. Hastalarda birincil tedavi strateji cerrahi olmakla birlikte kemoterapi, radyoterapi ve hormonal tedaviler de uygulanan tedaviler arasında yer almaktadır. Diğer kanser türlerinde olduğu gibi meme kanserinde de metastaz ve nüks tedavi stratejilerinde önemli sorun oluşturmaktadır (Wang vd., 2017). Risk faktörleri arasında yaş, hormonal faktörler, diyet, obezite, reproduktif faktörler ve genetik faktörler sayılabilir (Naeem vd., 2019). Heterojen bir biyolojik profile sahip olan meme kanseri, yaklaşık %5-10 oranında genetik faktörlerle ilişkili ve %90 bir oranla ise sporadik olarak gelişmektedir (Lima vd., 2019). Klinik, patolojik ve moleküler özellikler hastalığın prognostik değerini belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte tedaviye yönelik geliştirilen hedef moleküller ve biyobelirteçler meme kanseri çalışmalarında odak noktası olmaya başlamıştır (Chen vd., 2019). Klinik ve patolojik faktörler arasında hasta yaşı, aksiller lenf nodu durumu, tümör boyutu, histolojik özellikler, hormon reseptör durumu (östrojen reseptörü (ER) ve progesteron reseptörü (PR) gibi) ve HER2 durumu gibi faktörler yer almaktadır. Bu faktörler hastalığın tedavi stratejisini ve prognozu belirlemek için genellikle bir arada değerlendirilmektedir (Schnitt, 2010). Meme kanseri lüminal A (ER+/PR+), lüminal B (ER+/PR+veya, ER+/PR+/HER2+), HER2+, bazal (ER-/PR-/bazal miyoepitelyal belirteçler yüksek/EGFR+) ve normal meme benzeri (ER-/PR-/bazal miyoepitelyal belirteçler-/EGFR-) olmak üzere dört alt tipe ayrılmaktadır (Banerjee vd., 2018).

Epidermal büyüme faktörü reseptör ailesi ErbB1 (EGFR), ErbB2 (HER2), ErbB3 (HER3) ve ErbB4 (HER4) olmak üzere dört üyeden oluşmaktadır. Bu reseptör kinaz ailesi meme kanserinin patogenezinde ve tümör oluşum süreçlerinde kritik bir role sahiptir. Bu aileden ErbB4 geninin ekspresyonu östrojen reseptörü ve progesteron reseptörü pozitifliği, HER2 reseptörü negatifliği, iyi farklılaşmış fenotip, daha küçük tümör boyutu, daha düşük nüks riski ve daha uzun genel sağkalım ile ilişkilendirilmiştir (Tabatabaian vd., 2020). ErbB4 kinaz reseptörleri transkripsiyonel aktivasyon, hücre döngüsünün durdurulması, tümör hücresi çoğalması, farklılaşması, büyümenin baskılanması ve apoptozun uyarılması gibi çeşitli biyolojik süreçlerde etkin olarak yer almaktadır. ErbB4'ün meme kanserindeki rolü hakkında farklı görüşler mevcuttur. Bazı çalışmalar ErbB4 geninin aşırı ekspresyonunu kötü prognoz ile ilişkilendirirken, genel sağkalımı iyileştirdiği yönünde araştırmalarda bulunmaktadır (Sahu vd., 2017). Bu nedenle meme kanserinde ErbB4 geninin prognostik değeri tam olarak netlik kazanmamıştır.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Orcid:0000-0002-9216-7478

Sunulan bu çalışmada, meme kanseri tedavisinde ErbB4 geninin prognostik önemini değerlendirmek için bazı biyoinformatik programlar kullanarak meme kanseri hastalarında ErbB4 geni ile klinik parametreler ve sağkalım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir.

MATERYAL METOT

Bu çalışmada bazı biyoinformatik araçlar kullanılarak ErbB4 geninin prognostik değeri belirlenmeye çalışılmıştır.

Breast Cancer Gene-Expression Miner v4.7 (bcGenExMiner v4.7, <http://bcgenex.centregauducheau.fr/BCGEM>) biyoinformatik aracı yayınlanmış genomik verileri içeren bir veritabanıdır (Jezequel vd., 2021). Bu veri tabanı ile ERBB4 geni ve bazı klinik parametreler arasındaki ilişki belirlenmiştir.

Kaplan–Meier Plotter (<http://kmplot.com/analysis/>) platformu 7830 klinik meme kanseri hastasının gen ekspresyon bilgilerini ve hayatta kalma verilerini içermektedir (Györfy, 2021). ErbB4 geninin genel sağkalım, nüksüz sağkalım ve uzak metastazsız sağkalımdaki prognostik değerini belirlemek için kullanılmıştır. Analizler %95 güven aralığı (CI) ile tehlike oranı (HR) ve log-rank P değeri baz alınarak, otomatik olarak hesaplanmıştır.

Ualcan (<http://ualcan.path.uab.edu/>) The Cancer Genome Atlas (TCGA) verilerinin derinlemesine analizi için yaygın olarak kullanılan bir web aracıdır (Chandrashekar vd., 2017). Bu program tümör ve normal numuneler arasında ve ayrıca farklı evrelere göre tümör alt gruplarında ErbB4'ün ekspresyon seviyesini belirlemek için kullanılmıştır.

SONUÇLAR

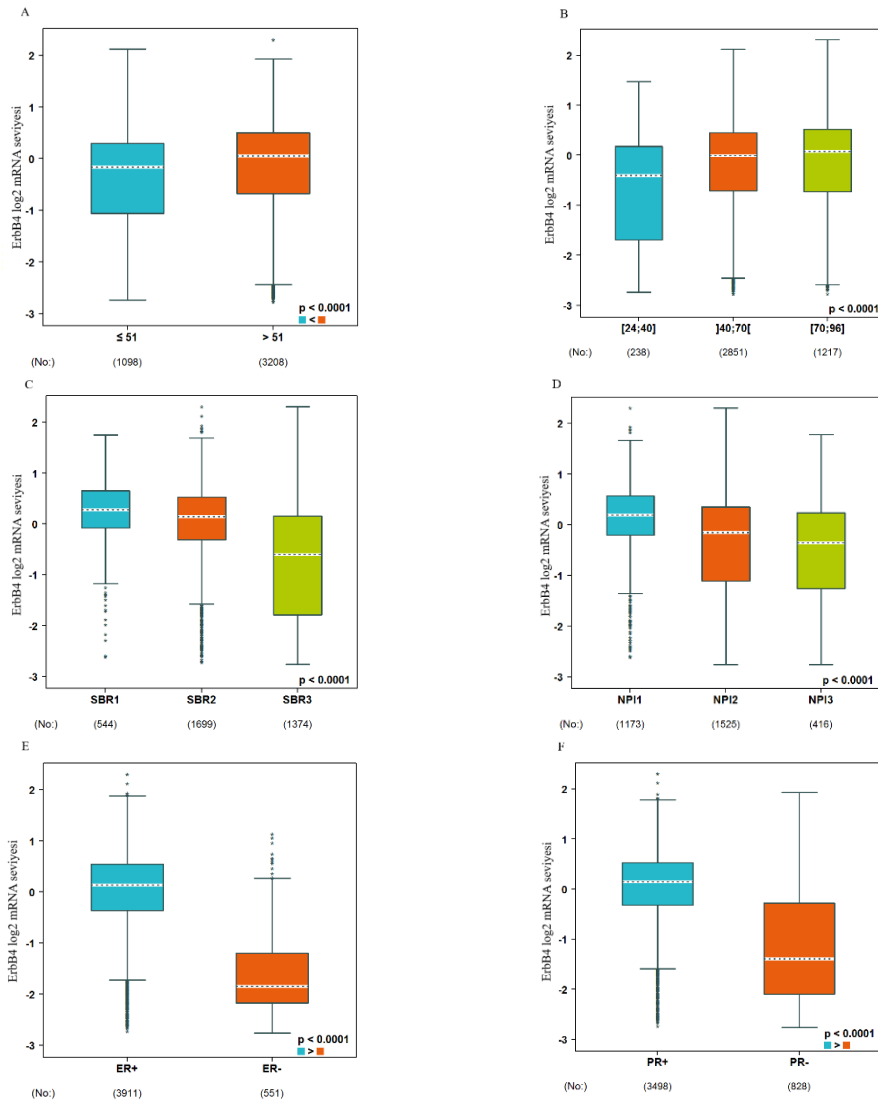
Meme kanseri hastalarında ErbB4 ekspresyonu ve klinik parametreler bcGenExMiner biyoinformatik aracı ile belirlenmiştir. Klinik parametreler arasında yaş, Scarff–Bloom–Richardson (SBR), Nottingham Prognostik İndeksi (NPI), Östrojen Reseptörü (ER), Progesteron Reseptörü (PR), İnsan Epidermal Büyüme Faktörü Reseptörü-2 (HER-2), Nodül Durumu, Bazal Benzeri Durum ve Üçlü Negatif Meme Kanseri (TNBC) durumu yer almaktadır. Bu parametreler prognostik faktörlerdir ve hastalığın doğal ilerleyişini tanımlamaktadırlar.

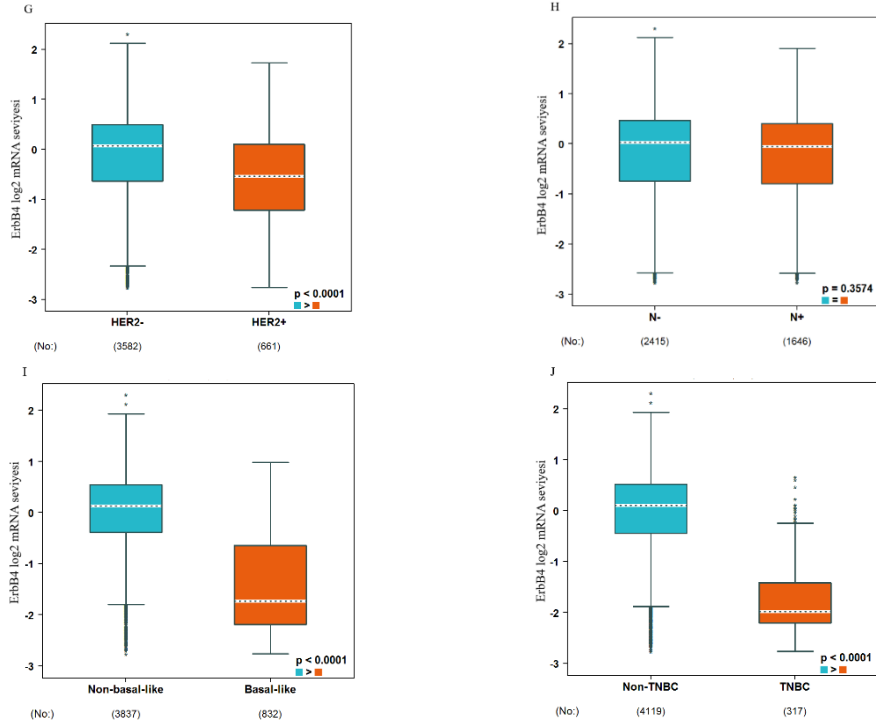
Yaş, diğer hastalıklarda olduğu gibi meme kanseri hastalarında da hastalığın prognostik değerini belirleyebilmek için önemli parametrelerden biridir. Sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 51 yaş üstü ve 51 yaş altı hasta bireylerde ErbB4'ün ekspresyon seviyesinde anlamlı bir fark bulunmuştur (Şekil 1. A). Bununla birlikte, 24-40, 40-70 ve 70-96 yaş aralıkları ile ErbB4'ün ekspresyon seviyesi arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmiştir (Şekil 1. B). Scarff–Bloom–Richardson (SBR), tübül formasyonu, pleiomorfizmin nükleer özelliklerini ve mitotik aktivite değerlendiren histolojik bir derecelendirme sistemidir. Nottingham Prognostik İndeksi (NPI), hastaları tümör boyutuna, lenf nodu evresine ve tümör derecesine göre ek prognostik gruplara ayırmak için kullanılan SBR'nin modifiye edilmesiyle oluşan bir derecelendirme sistemidir (Chen vd., 2019). Daha ileri SBR ve NPI derecesine sahip meme kanseri hastaları, daha az ErbB4 genini ifade etme eğiliminde olduğu görülmüştür (Şekil 1. C-D).

Östrojen reseptör (ER), progesteron reseptör (PR) ve insan epidermal büyüme faktörü reseptörü-2 (HER-2) durumu, ErbB4 geninin ekspresyonu ile pozitif bir korelasyon göstermiştir (Şekil

1. E-F-G). Pozitif nodul durumu olan meme kanseri hastalarının Erbb4 gen ekspresyonu negatif nodul durumu olan hastalara kıyasla çok az bir artış göstermiştir (Şekil 1. H). Bununla beraber, bazal benzeri olmayan alt tipe göre bazal benzeri alt tipte Erbb4'ün ekspresyon seviyesinin önemli bir şekilde artış göstermiştir (Şekil 1. I). Benzer şekilde, aynı değişim üçlü negatif meme kanseri (TNBC) hastalarında da görülmüştür (Şekil 1. J).

Şekil 1. bc-GenExMiner programı kullanarak farklı klinik parametrelere göre hasta grupları arasında Erbb4 geninin ekspresyon seviyesini gösteren grafikler. Klinik parametreler; 51 üstü ve altı yaş aralığı (A), 24-96 yaş aralığı (B), SBR (C), NPI (D), ER (E), PR (F), HER-2(G), nodul durumu (H), bazal benzeri durum (I) ve üçlü negatif durum (J).





Tablo 1. bc-GenExMiner veri tabanını kullanarak meme kanseri hastalarının ErbB4 ekspresyonu ile klinik parametreleri arasındaki ilişki

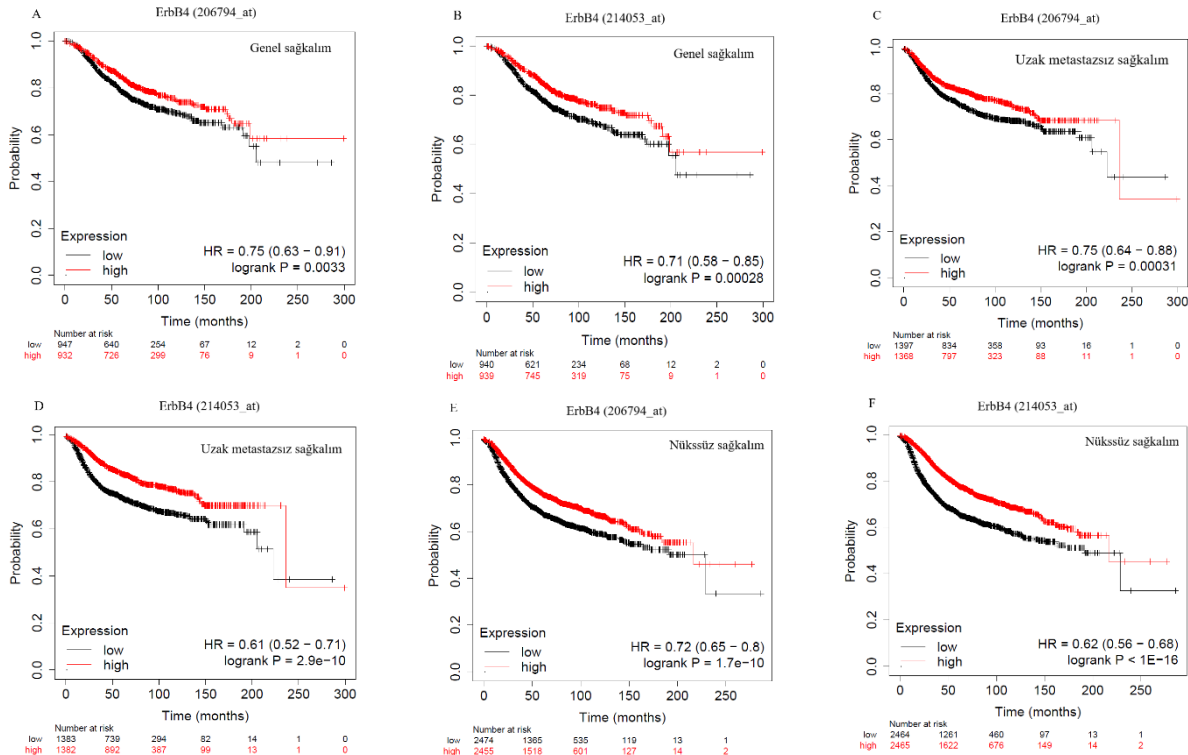
Parametre	Hasta sayısı	ErbB4	P-değeri*
Yaş			0.0001
≤51	1098	—	
>51	3208	—	
24-40	238		
40-70	2851		
70-96	1217		
ER			<0.0001
Negatif	1468	Artmış	
Pozitif	3810	—	
PR			<0.0001
Negatif	946	Artmış	
Pozitif	1439	—	
HER-2			<0.0001
Negatif	1409	—	
Pozitif	201	Artmış	
Nodal durumu			0.0175
Negatif	2447	—	

Parametre	Hasta sayısı	ErbB4	P-değeri*
Pozitif	1509	Artmış	
Bazal durumu			<0.0001
Bazal olmayan durum	4089	–	
Basal- benzeri durum	1112	Artmış	
Üçlü negatif durum			<0.0001
Üçlü negatif olmayan	3986	–	
Üçlü negatif	374	Artmış	

* İstatistiksel anlamlılık Welch testi ile belirlenmiştir.

ErbB4 geninin prognostik değeri Kaplan-Meier eğrileri ile belirlenmiştir. Programda ErbB4 geni 206794_at ve 214053_at olarak iki farklı Affimetrix ID numarası ile temsil edilmektedir. Kaplan-Meier analizlerine göre meme kanseri hastalarında ErbB4 geninin aşırı ekspresyonu genel sağkalm, uzak metastaz sağkalm ve nüksüz sağkalm ile önemli derecede ilişkili bulunup pozitif korelasyon göstermiştir (Şekil 2. A-F).

Şekil 2. ErbB4 geninin prognostik değerini gösteren sağkalm eğrileri. Kaplan-Meier Plotter kullanılarak genel sağkalm (A ve B), uzak metastazsız sağkalm (C ve D) ve nüksüz sağkalm (E ve F).



Ualcan web aracı meme kanseri dokuları ve normal dokular arasındaki ErbB4 geninin ekspresyon seviyesini karşılaştırmak için kullanılmıştır (Tablo 2, Şekil 3). Bu program TCGA'dan aldığı verilerden faydalanmaktadır. Analiz sonuçlarına göre, ErbB4 geninin ekspresyon seviyesinde tümörlü

dokular ile normal dokular arasında önemli fark bulunmamıştır ($p>0,005$). Meme kanseri evreleri arasında ise normal dokulara kıyasla evre 1 istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($p<0,005$). Meme kanserinin alt gruplarına bakıldığında önemli derecede farklılık gözlenmiştir (Tablo 2).

TARTIŞMA

İnsan epidermal büyüme faktörü reseptörü (HER) aile üyelerinin aşırı ekspresyonu birçok insan epitelyal malignite türünde sıklıkla gözlenmektedir. Erbb4'ün meme kanserindeki önemini anlamak için yapılan çalışmalara bakıldığında hem onkogenik hem de tümör baskılayıcı bir rol üstlendiği düşünülmektedir. Erbb4'ün aşırı ekspresyonu, meme kanseri hücrelerinin büyümesini artırdığı için onkogen olarak düşünülmesine neden olmuştur. Bununla birlikte, Erbb4'ün meme kanseri hücrelerinde aktivasyonu, in vitro hücre döngüsü durması, farklılaşması ve apoptoz gibi biyolojik süreçler ile ilişkilendirilmiş ve tümör gelişimini baskıladığı düşünülmüştür (Sundvall vd., 2008).

Bir biyoinformatik araç olan bc-GenExMiner programı kullanarak farklı klinik parametrelere göre Erbb4 geninin ekspresyon seviyesi değerlendirilmiştir. Erbb4 geninin ekspresyonu ER ve PR ile pozitif korelasyon gösterirken SBR, NPI, HER-2, nodul durumu, bazal benzeri durum ve üçlü negatif durum Erbb4 düzeyi ile negatif bir ilişkili göstermiştir. Meme kanserinde hem birincil hem de invaziv tümörler için ER ve PR'nin pozitifliği ve Erbb2-negatifliği, iyi farklılaşmış fenotip ve olumlu sonuç ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca, Erbb4'ün aşırı ekspresyonu ER pozitifliği ile ilişkili olmakla birlikte daha kısa nüksüz sağkalım ile de ilişkilidir (Hollmen ve Elenius, 2010).

Tablo 2. Meme kanseri ve normal dokular için farklı parametrelerde Erbb4 geninin ekspresyon düzeyi

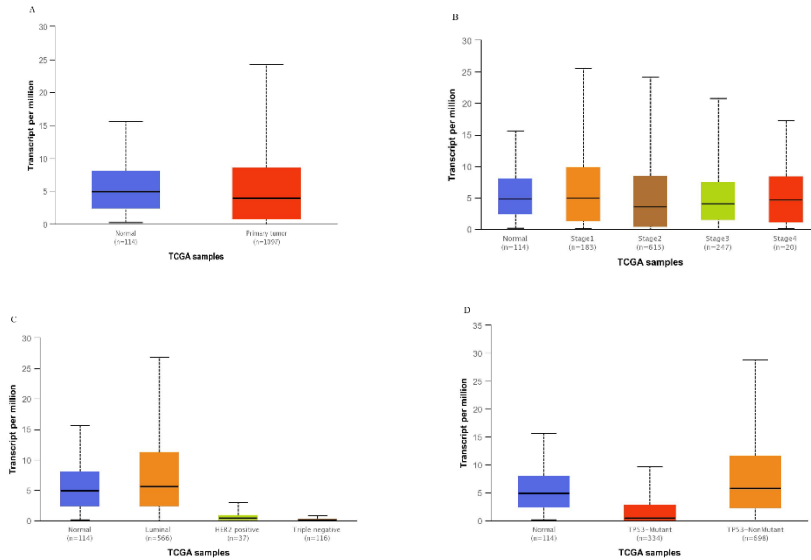
Analiz	Karşılaştırma	P-değeri
Örnek Tipi	Normal- Primer doku	> 0,005
Kanser Evreleri	Normal - 1. evre	< 0,005
	Normal - 2. evre	> 0,005
	Normal - 3. evre	> 0,005
	Normal - 4. evre	> 0,005
	1. evre – 2. evre	> 0,005
	1. evre – 3. evre	> 0,005
	1. evre – 4. evre	> 0,005
	2. evre – 3. evre	> 0,005
	2. evre – 4. evre	> 0,005
	3. evre – 4. evre	> 0,005
Alt gruplar	Normal - Luminal	< 0,005
	Normal - HER2 Pozitif	< 0,005
	Normal - TNBC	< 0,005
	Luminal - HER2 Pozitif	< 0,005
	Luminal - TNBC	< 0,005
	HER2 Pozitif - TNBC	< 0,005
	Normal - TP53 Mutant	< 0,005
Normal - TP53 NonMutant	< 0,005	

TP53 mutasyon durumu	TP53-Mutant - TP53-Nonmutant	< 0,005
----------------------	------------------------------	---------

Sunulan çalışmada meme kanserinde Erbb4 geninin prognostik değeri Kaplan Meier eğrileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, aşırı eksprese olmuş Erbb4 geni daha kötü genel sağkalım, nüksüz sağkalım, uzak metastazsız sağkalım göstermiştir. Bu bulgular ışığında Erbb4 ekspresyon seviyesinin meme kanseri prognozu için yararlı bir biyobelirteç olarak kullanılabileceği öngörülmektedir.

Bu çalışmada, TCGA veri bankasındaki sağlıklı ve tümörlü hücrelerin Erbb4 gen ekspresyon profilleri karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Erbb4'nin meme kanseri hücrelerinde aşırı ya da az ekspresyon profili sunduğu artık bilinmektedir. Ayrıca, Erbb4 geninin diğer HER ailesi üyelerine göre daha az eksprese özelliği taşımaktadır (Sundvall vd., 2008). Farklı evrelere sahip meme kanseri hücreleri ve sağlıklı hücreler arasında ekspresyon profillerine bakıldığında ise sağlıklı hücre ve 1. evre meme kanseri hastalarında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmuştur. Meme kanserinin alt gruplarındaki ekspresyon düzeyleri arasında da anlamlı fark gözlenmiştir. Üçlü negatif meme kanseri (TNBC) meme kanserinin bir alt grubu olup agresif biyolojik özellikler ve kötü prognozu sergilemektedir. Toplam 203 TNBC hastasında yapılan bir çalışmada aşırı Erbb4 ekspresyonunun sağkalım analizine göre kötü prognoz ile ilişkili olduğunu ortaya çıkarılmıştır. Çok değişkenli bir Cox regresyon modelinde ise Erbb4 ekspresyonu, TNBC'li hastalarda uzun vadeli prognozun bir göstergesi olarak tanımlanmıştır (Kim vd., 2016).

Şekil 3. Meme kanseri ve normal dokular için farklı parametrelerde Erbb4 geninin ekspresyon düzeyi. Normal ve meme kanseri dokularında Erbb4 geninin ekspresyon seviyesi (A), farklı evrelerde Erbb4 genin ekspresyon seviyesi (B), alt gruplara göre Erbb4 geninin ekspresyon seviyesi (C), T53 mutasyon durumuna göre Erbb4 genin ekspresyon seviyesi (D).



Tümörü destekleyen çok işlevli bir transkripsiyon faktörünü kodlayan tümör proteini p53 (TP53), meme kanserlerinin yaklaşık %30'unda mutasyona uğramaktadır. Mutasyonun bazal benzeri

alt grupta görölme sıklığı yaklaşık %80 oranında iken luminal-A alt gruplarında bu oran %15'e kadar inebilmektedir (Dumay vd., 2013). Biyoinformatik analizlere göre Erbb4 ekspresyon düzeyi TP53 mutasyonu bakımından incelendiğinde, normal meme hücreleri, mutasyona sahip meme kanseri hücreleri ve mutasyon gözlenmeyen meme kanseri hücreleri ile karşılaştırıldığında önemli bir fark bulunmuştur. Sonuçlara göre meme kanseri hastalarında TP53 mutasyonu Erbb4 ekspresyon seviyesini önemli ölçüde azaltmış, mutasyon olmadığı durumda ise ekspresyon seviyesinin normal hücrelere oranla arttığı gözlenmiştir.

Sonuç olarak, yapılan biyoinformatik analizler meme kanseri hastalarında normal dokulara göre Erbb4'ün aşırı eksprese edildiğini, daha kötü hayatta kalma ve çeşitli klinik parametrelerle ilişkili olduğunu göstermiştir. Erbb4, meme kanserinin prognozu için öngörücü bir biyobelirteç olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu öngörülmektedir. Meme kanseri prognozunu değerlendirmek ve bu süreçte Erbb4'ün rolünü daha detaylı belirleyebilmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Kaynakça

- Banerjee, S., Tian, T., Wei, Z., Shih, N., Feldman, M. D., Peck, K. N., DeMichele, A. M., Alwine, J. C. ve Robertson, E. S. (2018). Distinct microbial signatures associated with different breast cancer types. *Frontiers in Microbiology*, 9(MAY), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00951>
- Chandrashekar, D. S., Bashel, B., Balasubramanya, S. A. H., Creighton, C. J., Ponce-Rodriguez, I., Chakravarthi, B. V. S. K. ve Varambally, S. (2017). UALCAN: A Portal for Facilitating Tumor Subgroup Gene Expression and Survival Analyses. *Neoplasia (United States)*, 19(8), 649–658. <https://doi.org/10.1016/j.neo.2017.05.002>
- Chen, W. xian, Yang, L. gen, Xu, L. yun, Cheng, L., Qian, Q., Sun, L. ve Zhu, Y. lan. (2019). Bioinformatics analysis revealing prognostic significance of RRM2 gene in breast cancer. *Bioscience Reports*, 29(4), 1–9. <https://doi.org/10.1042/BSR20182062>
- Dumay, A., Feugeas, J. P., Wittmer, E., Lehmann-Che, J., Bertheau, P., Espié, M., Plassa, L. F., Cottu, P., Marty, M., André, F., Sotiriou, C., Pusztai, L. ve De Thé, H. (2013). Distinct tumor protein p53 mutants in breast cancer subgroups. *International Journal of Cancer*, 132(5), 1227–1231. <https://doi.org/10.1002/ijc.27767>
- Gyórfy, B. (2021). Survival analysis across the entire transcriptome identifies biomarkers with the highest prognostic power in breast cancer. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 19, 4101–4109. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.07.014>
- Hollmen, M. ve Elenius, K. (2010). Potential of ErbB4 antibodies for cancer therapy. *Future Oncology*, 6(1), 37–53. <https://doi.org/10.2217/fon.09.144>
- Jezequel, P., Gouraud, W., Ben Azzouz, F., Guerin-Charbonnel, C., Juin, P. P., Lasla, H. ve Campone, M. (2021). Bc-GenExMiner 4.5: New mining module computes breast cancer differential gene expression analyses. *Database*, 2021, 1–10. <https://doi.org/10.1093/database/baab007>
- Kim, J. Y., Jung, H. H., Do, I. G., Bae, S. Y., Lee, S. K., Kim, S. W., Lee, J. E., Nam, S. J., Ahn, J. S., Park, Y. H. ve Im, Y. H. (2016). Prognostic value of ERBB4 expression in patients with triple negative breast cancer. *BMC Cancer*, 16(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12885-016-2195-3>
- Lima, Z. S., Ghadamzadeh, M., Arashloo, F. T., Amjad, G., Ebadi, M. R. ve Younesi, L. (2019). Recent advances of therapeutic targets based on the molecular signature in breast cancer: Genetic mutations and implications for current treatment paradigms. *Journal of Hematology and Oncology*, 12(1), 1–25. <https://doi.org/10.1186/s13045-019-0725-6>
- Naeem, M., Hayat, M., Qamar, S. A., Mehmood, T., Munir, A., Ahmad, G., Azmi, U. R., Faryad, M. A., Talib, M. Z., Irfan, M., Hussain, A., Hayder, M. A., Ghani, U. ve Mehmood, F. (2019). Risk factors, genetic mutations and prevention of breast cancer. *Ijb*, 14(April), 492–496. <https://doi.org/10.12692/ijb/14.4.492-496>
- Sahu, A., Patra, P. K., Yadav, M. K. ve Varma, M. (2017). Identification and characterization of ErbB4 kinase inhibitors for effective breast cancer therapy. *Journal of Receptors and Signal Transduction*, 37(5), 470–480. <https://doi.org/10.1080/10799893.2017.1342129>
- Schnitt, S. J. (2010). Classification and prognosis of invasive breast cancer: From morphology to molecular taxonomy. *Modern Pathology*, 23, 60–64. <https://doi.org/10.1038/modpathol.2010.33>
- Sundvall, M., Iljin, K., Kilpinen, S., Sara, H., Kallioniemi, O. P. ve Elenius, K. (2008). Role of ErbB4

in breast cancer. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 13(2), 259–268.
<https://doi.org/10.1007/s10911-008-9079-3>

Tabatabaian, M., Mesrian Tanha, H., Tabatabaeian, H., Sadeghi, S., Ghaedi, K. ve Mohamadynejad, P. (2020). ErbB4 3'-UTR Variant (c.*3622A>G) is Associated with ER/PR Negativity and Advanced Breast Cancer. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 35(1), 115–120.
<https://doi.org/10.1007/s12291-018-0793-3>

Wang, Y., Sui, Y., Zhu, Q., & Sui, X. (2017). Hsa-miR-599 suppresses the migration and invasion by targeting BRD4 in breast cancer. *Oncology Letters*, 14(3), 3455–3462.
<https://doi.org/10.3892/ol.2017.6651>

Comparative *Helicometra fasciata* (Digenea) Infections in Some Marine Fishes in the Black Sea

Arzu GÜVEN¹

Türky ÖZTÜRK²

Introduction

Opecoelidae Ozaki, 1925 is important trematode family both terms of genera and species number in the Black Sea (Gaevskaia and Korniychuk, 2003: 425-490). *Helicometra* Odhner, 1902 which contain about 35 species, one of the largest genera of the Opecoelidae family and distributes in wide geographic regions (Andres et al., 2014: 405-412; Sekerak and Arai, 1973: 707-738). This genus have long, evident and single polar filaments on the egg. Their helical uterus is distinctly conspicuous and making directly definable of this worm (Aken'Ova et al., 2006: 17-27; Blend and Dronen, 2015: 183-270). To date, the most widespread Opecoelidae species reported to be *Cainocreadium flesi* (Korniychuk and Gaevskaia, 2000: 89-91), *Gaevskejatrema perezji* (Gibson and Bray, 1982: 529-559) and *Helicometra fasciata* in the Black Sea (Katokhin and Korniychuk, 2020: 15-27). *Helicometra fasciata* frequently reported in intestinal tract of marine and brackish piscine hosts that live from shallow to deep waters. Also, *H. fasciata* uses a variety of gastropod in addition shrimp/prawn species as first and second intermediate hosts, respectively (Blend and Dronen, 2015: 183-270; Meenakshi et al., 1993: 69; Muñoz and Cribb, 2006: 196). In adults, the body is morphologically elongated, oval and flattened. Oral sucker subterminal and usually small, ventral sucker bigger than oral sucker. Testes two-lobed, tandem and post ovarian. Anterior and posterior testes are almost equal in size and it may vary in shape as can be irregular, indented or almost entire. There is the pre-pharynx and the pharynx is adjacent to the oral sac. This worm has spiral uterus and single polar filament of the eggs due to easily recognized (Jones et al., 2005: 745). The objective of this study is to investigate the infection values of *Helicometra fasciata* in some marine fish from the Sinop coast of the Black Sea and to present the seasonal occurrence of *H. fasciata* infection in their hosts comparatively.

Material and Methods

Fish samples were caught from the Sinop coast of the Black Sea brought to the laboratory alive and examined for the presence of *Helicometra fasciata*. In this research study from June 2016 to May 2017, 34 fish species, which belong to 26 different fish families, were examined and 8 fish species from 4 families were found to be infected with *Helicometra fasciata*. These specimens are *Symphodus tinca* (n:28), *S. roissali* (n:7), *Neogobius melanostomus* (n:174), *Mesogobius batrachocephalus* (n:122), *Gobius niger* (n:86), *Zosterisessor ophiocephalus* (n:6), *Scorpaena porcus* (n:256) and *Gaidropsarus mediterraneus* (n:107). The

¹ Arzu GÜVEN, Assist. Prof. Dr., Turgut Özal University, Doğanşehir Vahap Küçük Vocation High School

² Türky ÖZTÜRK, Prof. Dr., Sinop University, Faculty of Fisheries

digenean parasite specimens were detected in stomach, intestine and pyloric caeca of fish samples and live digenean parasite specimens were washed briefly with physiological saline solution. The digenean parasite specimens both unfixed only washing with saline water and fixed, stained with acetic carmine and mounted in Canada balsam were examined and photographed using a stereo Olympus microscope (BX53) equipped with a digital camera (DP50). The digenean parasite species, *H. fasciata* was identified by generally accepted morphological criteria (Figure 1) (Korniychuk, 2009: 63-68). The infection parameters, prevalence (percentage of fish infected) mean intensity (mean number of parasites per infected fish) and abundance (mean number of parasites per examined fish) were calculated following the definitions of Bush et al. (1997: 575-583). The differences in the mean intensity values of *H. fasciata* for seasons were tested by the Kruskal-Wallis test (Nonparametric ANOVA). All statistical tests were carried out using GraphPad InStat 3.0 for Windows 2000 (Software, San Diego, CA, USA) software ($p < 0.05$: statistically significant).

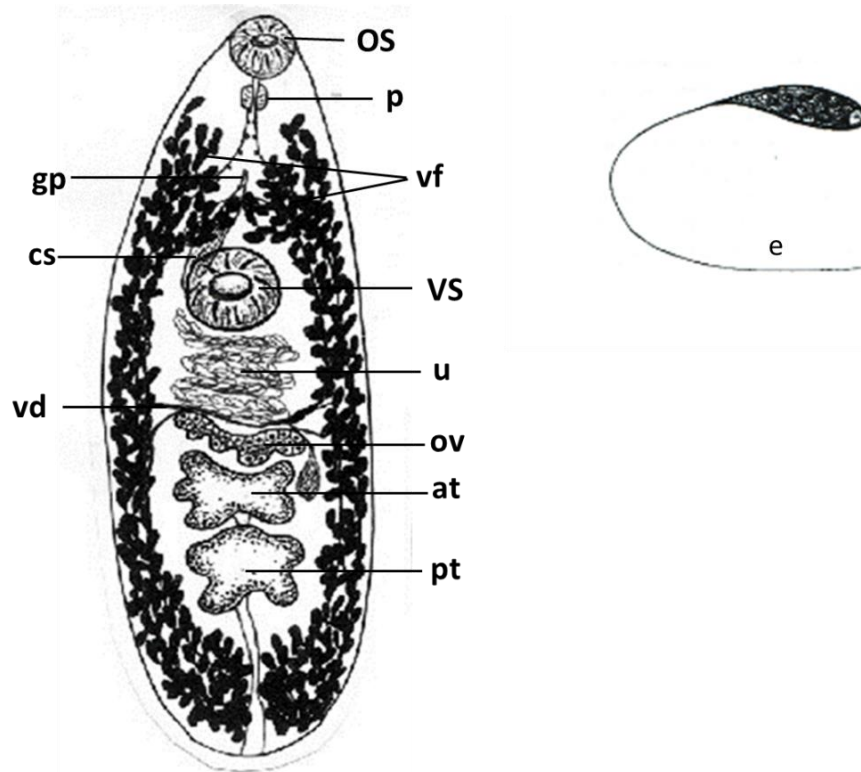


Figure 1- Line drawings of of *H. fasciata* (at: anterior testis; cs: cirrus-sac; e: egg with unipolar filament, gp: genital pore; os: oral sucker; ov: ovary; p: pharynx; pt: posterior testis; u: uterus; vd: vitelline duct; vf: vitelline follicle; vs: ventral sucker)

Results

In the present study, *Helicometra fasciata* was detected in *N. melanostomus*, *M. batrachocephalus*, *G. niger*, *Z. ophiocephalus*, *S. tinca*, *S. roissali*, *S. porcus* and *G. mediterraneus* collected from Sinop coasts of the

Black Sea. While this species was appear in intestine of eight fish species, in addition it was appear in pyloric caeca and stomach of *S. porcus*. Infection prevalence, mean intensity and mean abundance were determined for each host species (Table 1, Figure 2).

Table 1- Prevalance (P), mean intensity (MI) and mean abundance (MA) values of *Helicometra fasciata* in some marine teleosts from Sinops coasts of the Black Sea (TNP: total number of parasite, n: examined fish number, SD: Standard deviation, I: intestine, Pc: Pyloric caeca, S: Stomach)

Host	Infection Site	TNP	P (%)	MI ± SD	MA ± SD
<i>N. melanostomus</i> (n:174)	I	1	0.57	1.00 ± 0.00	0.005 ± 0.08 ^a
<i>M. batrachocephalus</i> (n:122)	I	34	5.73	4.85 ± 3.69	0.28 ± 2.45 ^a
<i>G. niger</i> (n:86)	I	12	5.81	2.40 ± 0.87	0.14 ± 0.71 ^{ad}
<i>Z. ophiocephalus</i> (n:6)	I	1	16.67	1.00 ± 0.00	0.17 ± 0.41 ^{ad}
<i>S. tinca</i> (n:28)	I	56	32.14	6.22 ± 2.90	2.00 ± 5.88 ^b
<i>S. roissali</i> (n:7)	I	34	85.71	5.67 ± 3.08	4.86 ± 7.22 ^c
<i>S. porcus</i> (n:256)	I, Pc, S	104	17.18	2.36 ± 0.25	0.41 ± 1.12 ^{bd}
<i>G. mediterraneus</i> (n:107)	I	7	2.80	2.33 ± 1.33	0.06 ± 0.50 ^a

The all generally morphologically of *Helicometra fasciata* individuals in each host were similar, although some minor morphological variations were present (Figure 2). They exhibited slightly different patterns in the distribution of vitelline follicles (Figures 2). Some had continuous lateral vitelline fields, some had irregular gaps in the lateral fields and, some the vitelline follicles were arranged in clusters (Figure 2). The size, filament length and density of the eggs of the digenean from different hosts were also different. The shape of the testes also varied, ranging from deeply lobed or indented to irregular and to almost entire (Figure 2 and 3). Testes shapes of *Helicometra fasciata* are much deeply lobed in *M. batrachocephalus*, *G. niger* and *Z. ophiocephalus*, slightly lobed in *N. melanostomus*, *S. porcus* and *G. mediterraneus* and *S. tinca*, almost entire in *S. roissali* (Figure 2 and 3). These characteristics are known to vary in *H. fasciata* therefore not considered taxonomically significant here.

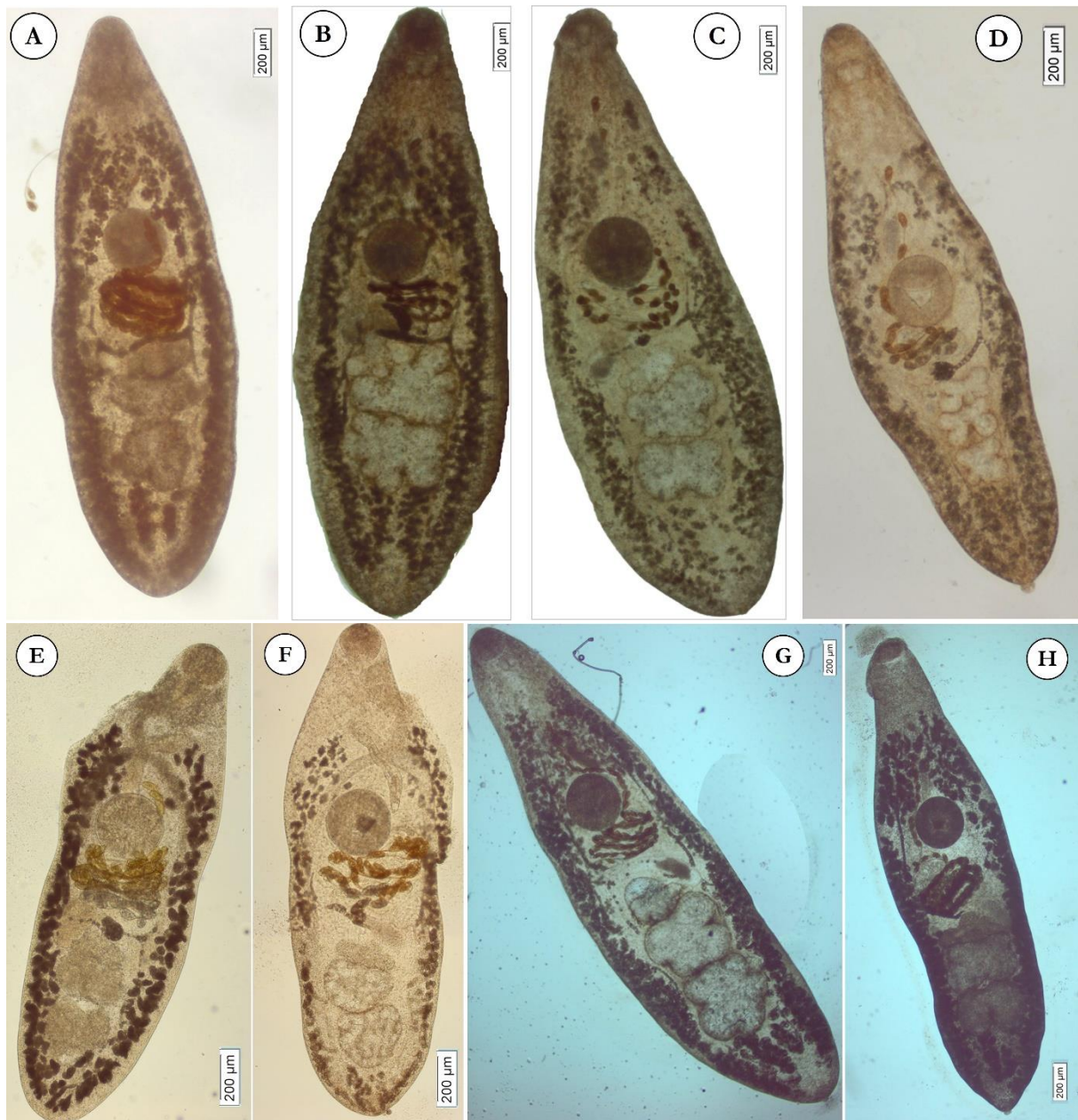


Figure 2- General views of adult *Helicometra fasciata* detected from different hosts **A.** from *N. melanostomus*, **B.** from *M. batrachocephalus*, **C.** from *G. niger*, **D.** from *Z. ophiocephalus*, **E.** from *S. tinca*, **F.** from *S. roissali*, **G.** *S. porcus*, **H.** from *G. mediterraneus*

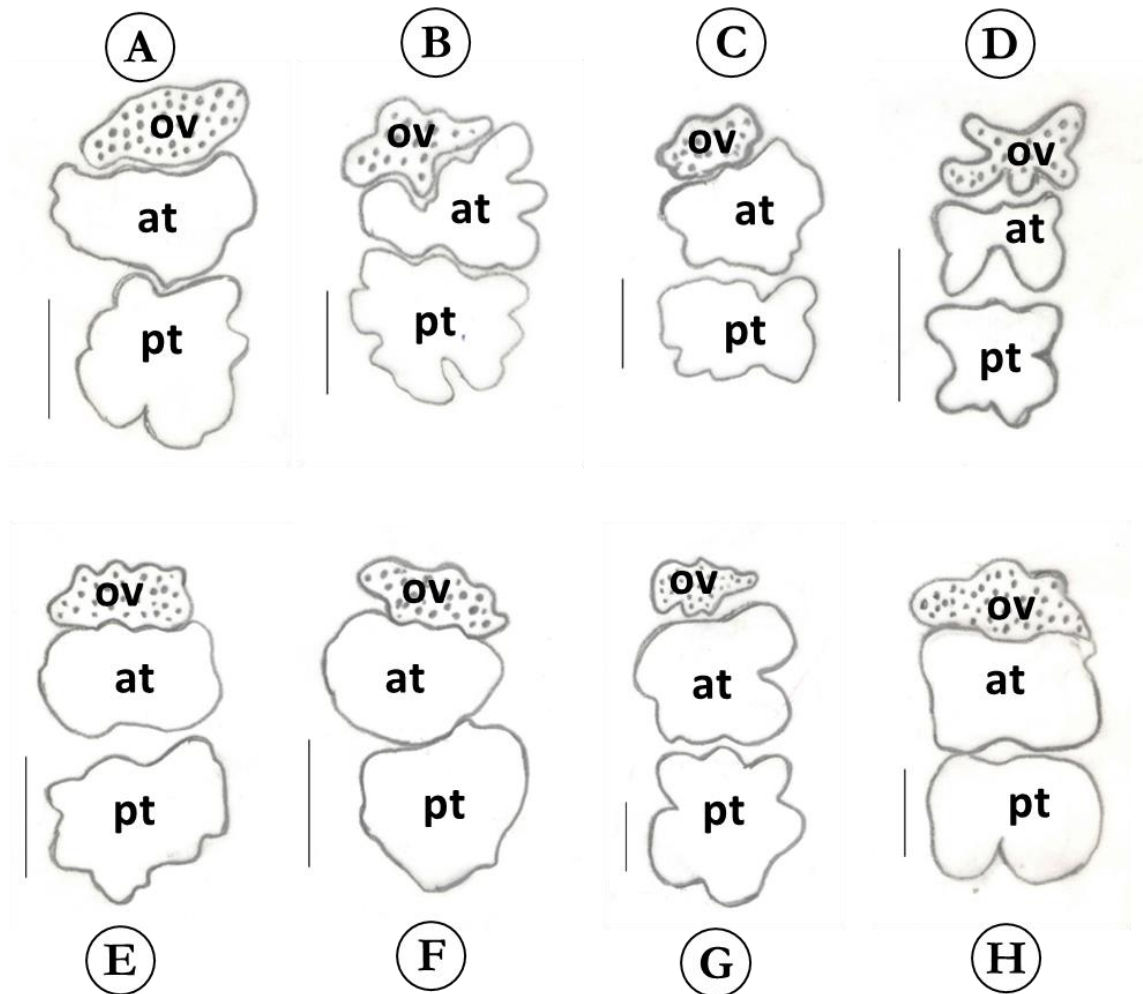


Figure 3- Shape and arrangements gonads (ovary and testes) of *H. fasciata* detected from different hosts **A.** from *N. melanostomus*, **B.** from *M. batrachocephalus*, **C.** from *G. niger*, **D.** from *Z. ophiocephalus*, **E.** from *S. tinca*, **F.** from *S. roissali*, **G.** *S. porcus*, **H.** from *G. mediterraneus*. Scale bars 250 μ m.

Prevalence and mean intensity values of *H. fasciata* presented a wide range of variation, depending on the fish species. Maximum values were obtained for *S. roissali* and *S. tinca*. Seasonal prevalence and mean intensity values of *H. fasciata* according to examined each fish are reported in Table 2. Except for *Z. ophiocephalus* and *S. roissali*, all fish were examined in all seasons. Totally 174 *Neogobius melanostomus* examined, only 1 fish was infected with *H. fasciata*, which was examined in the autumn season. Similarly, only 1 individual of *Z. ophiocephalus* examined during the study was infected with *H. fasciata*.

Table 2- Seasonal prevalence (P), mean intensity (MI) and mean abundance (MA) values of *H. fasciata* detected in marine teleosts from Sinop coasts of the Black Sea

		Spring	Summer	Autumn	Winter
	P (%)			1.54	
<i>Neogobius</i>	MI ± SD	ND	ND	1.00 ± 0.00	ND
<i>melanostomus</i>	MA ± SD	(n:34)	(n:7)	0.02 ± 0.12	(n:68)
	(n)			(n:65)	
	P (%)	10	100	4.17	4.65
<i>Mesogobius</i>	MI ± SD	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	14.0 ± 18.38	1.50 ± 0.71
<i>batrachocephalus</i>	MA ± SD	0.10 ± 0.31	1.00 ± 0.00	0.58 ± 3.90	0.07 ± 0.34
	(n)	(n:30)	(n:1)	(n:48)	(n:43)
	P (%)		20.0	14.29	
<i>Gobius niger</i>	MI ± SD	ND	2.00 ± 1.73	3.00 ± 2.83	ND
	MA ± SD	(n:37)	0.40 ± 1.06	0.43 ± 1.34	(n:20)
	(n)		(n:15)	(n:14)	
	P (%)	100			
<i>Zosteriosessor</i>	MI ± SD	1.00 ± 0.00	ND	ND	(n:0)
<i>ophiocephalus</i>	MA ± SD	1.00 ± 0.00	(n:2)	(n:3)	
	(n)	(n:1)			
	P (%)	22.22	50.0		
<i>Symphodus</i>	MI ± SD	14.0 ± 16.9	4.0 ± 5.20	ND	ND
<i>tinca</i>	MA ± SD	3.11 ± 8.61	2.00 ± 4.10	(n:2)	(n:3)
	(n)	(n:9)	(n:14)		
	P (%)	66.67	100		
<i>Symphodus</i>	MI ± SD	11.5 ± 13.44	2.75 ± 0.96	(n:0)	(n:0)
<i>roissali</i>	MA ± SD	7.67 ± 11.59	2.75 ± 0.96		
	(n)	(n:3)	(n:4)		
	P (%)	20.69	24.41		10.94
<i>Scorpaena</i>	MI ± SD	4.00 ± 2.61	2.23 ± 1.41	ND	1.57 ± 0.79
<i>porcus</i>	MA ± SD	0.83 ± 1.98	0.54 ± 1.18	(n:36)	0.17 ± 0.55
	(n)	(n:29)	(n:127)		(n:64)
	P (%)	ND	15.38	ND	4.17
<i>Gaidropsarus</i>	MI ± SD	(n:23)	3.00 ± 2.83	(n:47)	1.00 ± 0.00
<i>mediterraneus</i>					

	MA ± SD		0.46 ± 1.39		0.04 ± 0.20
	(n)		(n:13)		(n:24)
	P (%)	8.44	25.68	2.33	4.51
Total	MI ± SD	5.64±7.91	2.55 ± 2.37	7.00 ± 11.31	1.50 ± 0.71
	MA ± SD	0.48 ± 2.72 ^a	0.66 ± 1.63 ^b	0.16 ± 1.87 ^a	0.07 ± 0.34 ^a
	(n)	(n:166)	(n:183)	(n:215)	(n:222)

Discussion

To date *Helicometra fasciata* was reported in Black Sea by different researcher (Dolgikh and Naidenova, 1968: 448-453; Gaevskaia 1995: 3-6, 2002: 219-223; Katokhin and Korniychuk, 2020: 15-27; Korniychuk 1997: 43-46, 1999: 44-48, 2000a: 40-44, 2000b: 34-38, 2001a: 32-36, 2001b: 24-25, 2008: 41-52, 2009: 63-68; Korniychuk and Gaevskaia 1999: 42-47; Machkevsky 1990: 75-82; Machkevsky et al. 1996: 40, 1997:58-62; Machkevsky and Gaevskaia 1997: 51-57; Naïdenova 1966: 88-89; Naidenova and Dolgikh, 1969: 7-12; Nikolaeva and Solonchenko, 1970: 129-166; Osmanov, 1940: 187-265; Öztürk et al., 2015: 390; Shchepkina and Tkachuk 2001: 49; Solonchenko 1969: 118-119; Tepe et al., 2014: 209-215; Tkachuk 2000: 134; Tkachuk and Mordvinova 1999: 21-23). *Helicometra fasciata* is a species with a worldwide distribution reported in many hosts of brackish and marine fish. To date, 31 different fish species have been reported in the Black Sea and Crimean coasts (Gaevskaia and Korniychuk, 2003: 425-490). Only four of these studies were carried out in the Black Sea coasts of Turkey (Öztürk et al., 2015: 390; Öztürk et al., 2017: 683; Öztürk and Güven, 2021: 126-132; Tepe et al., 2014: 209-215). Also, this species reported in *G. mediterraneus* at Sea of Marmara (Oğuz and Bray, 2006: 161-167), *Conger conger* at northeastern Aegean Sea (Akmırza, 2012: 845-848) and *S. porcus* at Aegean Sea (Şenol, 2004: 62) from Turkey. The hosts where *H. fasciata* was determined in this study are among the hosts where there is frequently reported in the Black Sea (Table 1).

Current research about *H. fasciata* regarding its host ranges and infection values from different hosts both in the Turkish coasts and Turkish coast of the Black Sea are very limited and there is only a couple of previous studies in this area (Akmırza, 2012: 845-848; Oğuz and Bray, 2006: 161-167; Öztürk et al., 2015: 390; Öztürk et al., 2017: 683; Öztürk and Güven, 2021: 126-132; Şenol, 2004: 62; Tepe et al., 2014: 209-215). In addition, infection values are not available in most of the studies. With this study as *N. melanostomus*, *G. niger*, *Z. ophiocephalus* new fish species were added to the hosts of the *H. fasciata* on the Turkish coast and also infection values were presented both for each fish species and depending on season (Table 1 and Table 3).

Table 3- *Helicometra fasciata* references previously reported in the Black Sea from the fish detected in this study

Host	References
<i>N. melanostomus</i>	Korniychuk, 2009; Naidenova and Dolgikh, 1969
<i>M. batrachocephalus</i>	Korniychuk, 2009; Naidenova and Dolgikh, 1969; Nikolaeva and Solonchenko, 1970; Öztürk et al., 2015
<i>G. niger</i>	Korniychuk, 1999; Naidenova and Dolgikh, 1969; Reversat and Silan, 1993
<i>Z. ophiocephalus</i>	Naidenova and Dolgikh, 1969; Osmanov, 1940; Reversat and Silan, 1993
<i>S. tinca</i>	Katokhin and Korniychuk, 2020; Korniychuk, 1999; Korniychuk, 2000a; Korniychuk, 2009; Naidenova and Dolgikh, 1969; Nikolaeva and Solonchenko, 1970; Öztürk and Güven, 2021
<i>S. roissali</i>	Katokhin and Korniychuk, 2020; Korniychuk, 2009; Öztürk and Güven, 2021
<i>S. porcus</i>	Korniychuk, 1999; Korniychuk, 2000a; Korniychuk, 2009; Naidenova and Dolgikh, 1969; Nikolaeva and Solonchenko, 1970; Osmanov, 1940; Tepe et al., 2014, Öztürk et al., 2017
<i>G. mediterraneus</i>	Dolgikh and Naidenova, 1968; Korniychuk, 1999; Korniychuk, 2009; Naidenova and Dolgikh, 1969; Nikolaeva and Solonchenko, 1970

This parasite species has a wide host distribution. Considering that the parasite was detected in 8 different hosts belonging to 4 different fish families in this study, similar to previous studies, the findings of this study prove that the parasite has a wide host distribution. The widespread presence of this digenea parasite species in different geographical regions and different fish species has been explained by the fact that this species has a wide range of intermediate hosts (Blend and Dronen, 2015). This parasite species has 19 known synonyms. Numerous researcher works has shown that a wide range of morphological variation is known for this species. But Aken'Ova et al. 2006 was reported differences in the distribution of the vitelline follicles, differences in the shape of the testes that may be show a change from deeply lobed or indented to irregular and to almost entire, differences in the size of the eggs of parasites from different hosts are not regarded taxonomically important. In addition, cause of morphological variation in *H. fasciata* has been associated with the host and its diet (Korniychuk, 1999: 44-48; 2000: 40-44). As presented above by other researchers, in this study, it was also determined that some morphological features of *Helicometra fasciata*, which were detected in different hosts, showed differences (Figure 1) In particular, the differences in the shape and size of the testes are clearly seen in the figures. Prevalence (percentage of fish infected), mean intensity (mean number of parasites per infected fish) and abundance (mean number of parasites per examined fish) were calculated from all examined fish species and the respective data were presented in Table 1. The highest prevalence value (85.71%) was found in *S. roissali* and second highest prevalence value (17.18%) was found in *S. porcus*. There was statistically significant difference in abundance between fish species ($P < 0.0001$). Our results on infection values and reported in some other studies differ from each other. This may be due to the fact that each study was conducted in different regions and the

number of fish examined was different from each other. Also, infection prevalence value is highest in summer season (25.68%) and infection prevalence value gradually increased towards to summer from spring. There was statistically significant difference in mean abundance ($P < 0.0001$) but there was no statistically significant difference in prevalence ($P = 0.346$) between seasons. There are not enough studies to compare the presence of *H. fasciata* according to the seasons. *Helicometra fasciata* detected in *Anguilla anguilla*, *G. niger* and *Z. ophiocephalus* by Reversat and Silan, 1993 and infection prevalence and abundance calculated depending on the months. The results of this study did not overlap with the results of our study. In our study, the infection level was found to be highest in summer, while in the other study, the infection level was found to be low in summer. The low prevalence in summer months was attributed to seasonal changes in the abundance of the second intermediate host, which is thought to be a crustacean. Current research about *H. fasciata* regarding its host ranges and infection values depending on the seasons from different hosts both in the Turkish coasts and Turkish coast of the Black Sea are very limited and there is only a couple of previous studies in this area (Akmırza, 2012: 845-848; Oğuz and Bray, 2006: 161-167; Öztürk et al., 2015: 390; Öztürk et al., 2017: 683; Öztürk et al., 2021: 126-132; Tepe et al., 2014: 209-215). In addition, infection values are not available in most of the studies. With this study as *N. melanostomus*, *G. niger*, *Z. ophiocephalus*, *S. tinca*, *S. roissali* new fish species were added to the hosts of the *H. fasciata* on the Turkish coast and also infection values were presented both for each fish species and depending on season.

Conclusion

The present study comprises current data regarding the digenean parasite, *H. fasciata* contains important data about the host distribution, especially for the Turkish coasts of the Black Sea. The data presented in this paper contribute to the list of parasite species that inhabit this basin. Considering the morphological variations morphological identification alone is not sufficient to define all species of *Helicometra* and should be supported by molecular studies. With this study new fish species were added to be the hosts of the *H. fasciata* on the Turkish coast and this study will form the basis for future studies.

REFERENCES

- Aken'Ova, T. O., Cribb, T. H., & Bray, R. A. (2006). *Helicometra* Odhner, 1902 (Digenea: Opecoelidae) in Australian waters: problems of species identification and a description of *H. sprengi* n. sp. *Systematic Parasitology*, 63(1), 17-27. doi: 10.1007/s11230-005-5500-0
- Akmirza, A. (2012). Metazoan parasite fauna of conger eel (*Conger conger* L.) near Gökçeada, northeastern Aegean Sea, Turkey. *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University*, 18, 845-848.
- Andres, M., Ray, C., Pulis, E., Curran, S., & Overstreet, R. (2014). Molecular characterization of two opecoelid trematodes from fishes in the Gulf of Mexico, with a description of a new species of *Helicometra*. *Acta Parasitologica*, 59(3), 405-412. doi: 10.2478/s11686-014-0258-7
- Blend, C. K., & Dronen, N. O. (2015). A review of the genus *Helicometra* Odhner, 1902 (Digenea: Opecoelidae: Plagioporinae) with a key to species including *Helicometra overstreeti* n. sp. from the cusk-eel *Luciobrotula corethromycter* Cohen, 1964 (Ophidiiformes: Ophidiidae) from the Gulf of Mexico. *Marine Biodiversity*, 45(2), 183-270. doi:10.1007/s12526-014-0250-3
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., & Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *The Journal of parasitology*, 83(4), 575-583.
- Dolgikh, A. V., & Naidenova, N. N. (1968). On the fauna of helminths of *Gaidropsarus mediterraneus* (L.) from the Black Sea. *Parazitologiya*, 2, 448-453.
- Gaevskaia, A. V. (1995). New data on fish trematodes from the Black Sea. In *Program and book of abstracts, IVth International Symposium on Fish Parasitology* (pp. 3-6).
- Gaevskaia, A. V. (2002). New data on trematodes of the families Opecoelidae and Accacoliidae from fishes in Atlantic ocean and its seas. *Parazitologiya*, 36(3), 219-223.
- Gaevskaia, A. V., & Korniyuchuk, Y. M. (2003). Parasitic organisms as a component of ecosystems of the Black Sea near-shore zone of Crimea. Modern condition of biological diversity in near-shore zone of Crimea (Black Sea sector), 425-490.
- Gibson, D. I., & Bray, R. A. (1982). A study and reorganization of Plagioporus Stafford, 1904 (Digenea: Opecoelidae) and related genera, with special reference to forms from European Atlantic waters. *Journal of Natural History*, 16(4), 529-559.
- Jones, A., Bray, R. A., & Gibson, D. I. (2005). Keys to the Trematoda, CABI. The Natural History Museum, London. Vol. 2, pp. 745.
- Katokhin, A. V., & Korniyuchuk, J. M. (2020). Genotyping of Black Sea trematodes of the family Opecoelidae by mitochondrial markers. *Marine Biological Journal*, 5 (4), 15-27. doi: <https://doi.org/10.21072/mbj.2020.05.4.02>
- Korniyuchuk, J. M. (1997). Trematode fauna of four common blenniid species in the Black Sea. *Ekologiya Morya*, 46, 43-46.
- Korniyuchuk, J. M. (1999). Phenotypic hostal differentiation of *Helicometra fasciata* (Rud., 1891) maritae. *Ekologiya Morya*, 49, 44-48.

- Korniychuk, J. M. (2000a). Morphological variability of genus *Helicometra* (Trematoda: Opecoelidae) maritae from the Black Sea. *Ekologiya Morya*, 51, 40–44.
- Korniychuk, J. M. (2000b). Interspecific interactions of trematodes in the gut of *Symphodus tinca*. *Ekologiya Morya*, 52, 34–38.
- Korniychuk, J. M. (2001a). Structure of the trematode fauna of the Black Sea labrid fishes (Pisces: Labridae). *Ekologiya Morya*, 58, 32–36.
- Korniychuk, J. M. (2001b). New data on trematode fauna of the Black Sea labrid fishes. In: *Sixth National Conference of Parasitology, Sofia, 5–7 October 2001, programs and abstracts*. Pensoft, Sofia, pp 24–25.
- Korniychuk, J. M. (2008). Parthenogenetic generations of *Helicometra fasciata* Rud., 1819 (Trematoda: Opecoelidae) in the Black Sea molluscs *Gibbula adriatica*. *Parazitologia*, 42, 41–52.
- Korniychuk, J. M. (2009). Additional Description of Hermaphroditic Generation of Trematodes Black Sea Fishes, *Helicometra fasciata* (Trematoda, Opecoelidae). *Vestnik zoologii*, 23, 63–68.
- Korniychuk, J. M., & Gaevskaia, A. V. (1999). Reproductive strategy of trematode, *Helicometra fasciata* (Trematoda: Opecoelidae) as an index of favourability of its environment. *Ekologiya Morya*, 48, 42–47.
- Korniychuk, J. M., & Gaevskaia, A. V. (2000). *Cainocreadium flesi* sp. n. (Trematoda, Opecoelidae)-a new trematode from fishes of the Black Sea. *Vestnik Zoologii*, 34(6), 89-91.
- Machkevsky, V. K. (1990). Helminthofauna of labrids in the places of cultivation of Black-Sea mussel, *Mytilus galloprovincialis*. *Ekologiya Morya*, 36, 75-82.
- Machkevsky, V. K., Gaevskaia, A.V., & Korniychuk, J. M. (1996). Population dynamic of the trematode, *Helicometra fasciata* from the Black Sea. *Parassitologia*, 38, 40.
- Machkevsky, V. K., Pronkina, N. V., Gaevskaia, A. V., & Korniychuk, J. M. (1997). Life cycle of *Helicometra fasciata* (Rud., 1819) (Trematoda: Opecoelidae) in the rock biocenosis from the Black Sea. *Ekologiya Morya*, 46, 58–62.
- Machkevsky, V. K., & Gaevskaia, A. V. (1997). Response to some parasite systems from the Black Sea coastal zone to aquatic pollution. *Ekologiya Morya*, 46, 51–57
- Meenakshi, M., Madhavi, R., & Swarnakumari, V. G. M. (1993). The life-cycle of *Helicometra gibsoni* n. sp. (Digenea: Opecoelidae). *Systematic Parasitology*, 25(1), 63-72.
- Muñoz, G., & Cribb, T. H. (2006). Parasite communities and diet of *Coris batuensis* (Pisces: Labridae) from lizard island, Great Barrier Reef. *Memoirs of the Queensland Museum*, 52(1), 191-198.
- Naïdenova, N. N. (1966). Two cases of teratology in helminths. In: *Voprosy morskoi biologii Tezisy simpoziuma molodykh uchenykh Instituta Biologii Yuzhnykh Morei, Sevastopol, 13–16 Aprelya*, 88–89 [Abstract]
- Naïdenova, N. N., & Dolgikh A. V. (1969). Revision of some *Helicometra* species (Trematoda: Opecoelidae). *Nauch Dokl Vyss Shk Biol Nauk*, 12, 7–12.
- Nikolaeva, V. M., & Solonchenko, A. I. (1970). Helminth fauna of some benthopelagic fish in the Black Sea. *Biologiya Morya, Kiev*, (20), 129-166.

- Oğuz, M. C., & Bray, R. A. (2006). Digenetic trematodes of some teleost fish off the Mudanya Coast (Sea of Marmara, Turkey). *Helminthologia*, 43(3), 161-167.
- Osmanov, S. U. (1940). Materialy k parazitofaune ryb Chernogo morya. *Uchenye Zapiski Leningradskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta im. A.I. Gertsena, Kafedra Zoologii i Darvinizma*, 30, 187-265.
- Öztürk, T., Çam, A., Korniyuchuk, Y. M., & Yeşil, A. (2015). Endohelminths of Invasive Three Gobiid fish (Gobiidae) *Apollonia melanostoma*, *Zosterisessor ophiocephalus*, *Mesogobius batrachocephalus*. *18th National Fisheries Symposium*. 1-4 September, Izmir, Turkey, 390.
- Öztürk, T., Köksal, P. S., & Çam, A. (2017). Metazoan Parasites of The Black Scorpionfish *Scorpaena porcus* (Family: Scorpaenidae) From Turkish Coasts of Black Sea. *International Ecology Symposium*. 11th to 13th May, Kayseri, Turkey, 683.
- Öztürk, T., & Güven, A. (2021) Digenean Parasites of Labrid Fishes (Labridae: Symphodus) from Turkish coasts of the Black Sea: new records. *Aquatic Sciences and Engineering*, 36(3), 126-132.
- Reversat, J., & Silan, P. (1993). Comparative population biology of fish digenes: the case of three *Helicometra* (Trematoda: Opecoelidae) mesoparasites of marine teleosts in a Mediterranean lagoon. *Annales de parasitologie humaine et comparée*, 68(3), 128-135.
- Sekerak, A. D., & Arai, H. P. (1974). A revision of *Helicometra* Odhner, 1902 and related genera (Trematoda: Opecoelidae), including a description of *Neohelicometra sebastis* n. sp. *Canadian Journal of Zoology*, 52(6), 707-738.
- Shchepkina, A. M., & Tkachuk, L. P. (2001). Parasite influence on egg lipid content of the Black Sea shrimp *Palaemon elegans*. In: *Sixth National Conference of Parasitology, Sofia, 5–7 October 2001, programs and abstracts*. Pensoft, Sofia, p 49
- Solonchenko, A. I. (1969). A study of the helminth fauna of *Symphodus seina* from the Crimean shore of the Black Sea. In: *Voprosy morskoi biologii Tezisy II vsesoyuznogo simpoziuma molodykh uchenykh*, Sevastopol, 118–119 [Abstract]
- Şenol, A. U. (2004). *Helminths in the digestive system of Scorpaenian family fishes* (Master's degree). İstanbul University, Faculty of Fisheries, İstanbul.
- Tepe, Y., OĞUZ, M. C., & Heckmann, R. A. (2014). Digenean and cestode parasites of teleost fish from the Eastern Black Sea Region. *Turkish Journal of Zoology*, 38(2), 209-215.
- Tkachuk, L. P., & Mordvinova, T. N. (1999). On parasitic infection of the shrimp, *Palaemon elegans* from two coastal regions of the Black Sea. *Ekology Morya*, 49, 21–23.
- Tkachuk, L. P. (2000). The influence of an environmental factor (pollution) on abundance of the dominant parasite species of shrimp *Palaemon elegans* Rathke in the Black Sea. *Bulletin Scandinavian Society for Parasitology*, 10(2), 134-134.

Surgical Approach to Posterior Fossa Tumors in Pediatric Neuro-oncology

Doğan GÜNDOĞAN

Introduction

Primary CNS (Central Nervous System) tumors are the most common malignancy in childhood after hematological malignancies and are the most common solid pediatric tumors in childhood. Primary CNS tumors predominate, and more than half of them are located in the posterior fossa, that is, in the infratentorial space. The clinical presentation differs according to the location of the tumor. These tumors may present with a few non-specific signs and symptoms that can be seen in more common and less serious childhood diseases. [6]. Surgical management may include biopsy for histological diagnosis, cytoreduction/debulking, and placement of ventricular access devices (VADs) to facilitate complete excision and intrathecal/intraventricular adjuvant chemotherapy for both local oncological control and management of sequelae such as hydrocephalus. The extent of resection plays an important role in the oncologic outcome of most of these tumors. Understanding the principles and concepts that underpin neurosurgical strategy and approaches in the management of these tumors is essential for all medical professionals involved in the care and follow-up of these patients. [5].

The modern approach to the treatment of posterior fossa medulloblastomas remains a challenge for pediatric neurosurgeons and pediatric oncologists and requires a multidisciplinary approach to optimize survival and clinical outcomes. [7,8]. The news of molecular classification in subgroups changed the protocols of complementary therapies, but did not change the role of surgery and the positive effect of total surgical removal. [7,9,10]. To reduce the risks of morbidity, the balance between prolonging surgical resection and post-surgical neurological deficits needs to be modulated. [9,11]. We discuss the surgical principles of the treatment of posterior fossa tumors in children.

Tumor related hydrocephalus management

Surgical treatment of pediatric posterior fossa tumors is complex as it is associated with hydrocephalus that may develop at the same time. Management of hydrocephalus is important to reduce intracranial hypertension and facilitate surgical removal of the tumor. It reduces the risk of postoperative sequelae [12,13]. Third ventricular cisternostomy (ETV), ventriculoperitoneal shunt (VPS), and external ventricular drainage (EVD) are the treatment options. This is usually done through placement of external ventricular drainage (EVD) in crisis situations, which can be accomplished quickly and allows for predictable CSF (cerebrospinal fluid) drainage and clinical assessment, but CSF drainage must be carefully controlled to avoid complications associated with rapid changes in intracranial pressure (ICP). Excessive drainage, which can accelerate the formation of upward cerebellar herniation and subdural hematoma, should be avoided. Only about 15-30% of patients require permanent CSF deviation after tumor resection. [14, 15]. Because of the potential morbidity from complications associated with permanent ventriculoperitoneal shunt

placement (VPS), most neurosurgeons avoid routine preoperative shunt placement. In most patients, temporary time can be gained with a corticosteroid course before surgery. The advancement of endoscopic optics and visualization has allowed the application of endoscopic third ventriculostomy (ETV) in the management of pre- and postoperative hydrocephalus. The ETV bypasses any obstruction to CSF outflow in the aqueduct and 4th ventricle, resulting in the formation of a stoma at the base of the 3rd ventricle, allowing direct drainage of CSF into the basal cisterns and subarachnoid CSF spaces. When performed before posterior fossa tumor surgery, it can reduce the incidence of hydrocephalus due to normalization of CSF hydrodynamics and reduce the risk of permanent postoperative CSF dysfunction. [16].

Some surgeons prefer to place the ventriculostomy using a bur hole at the intersection of the coronal suture and midpupillary line, with the catheter 1 cm anterior to the tragus in the sagittal plane and targeting the inner canthus in the coronal plane, immediately after the frontal access route anesthetic preparations are completed. Catheter length is calculated with the tip inside the frontal horn based on imaging data. After the patient is placed in the prone position, other surgeons insert the drain approximately 6 cm above theinion, 2,5 cm lateral to the midline, using a bur hole and occipitally oriented towards the glabella. After insertion, the drain is clamped to avoid the risk of upper herniation due to rapid decompression of the ventricular system. If the patient has hydrocephalus or is at high risk of developing hydrocephalus in the postoperative period, an external drain is quickly placed before the tumor is removed. [17].

Surgical tumor management

One of the most important survival prognostic factors is still gross total resection of the tumor (GTR). A residual disease smaller or larger than 1,5 cm² will result in a different complementary therapy protocol to classify patients as low or high risk groups. [8,11,18,19]. Patients in the low or standard risk group with complete removal documented by post-operative MRI performed within the first 48 hours are accepted; absence of metastatic lesions, absence of tumor cells in CSF were noticed on day 14 after surgical removal. These complications are postoperative cerebellar mutism, cerebellar motor syndrome or high-grade dysfunctions and speech disorders. [20-21]. The position of the patient is an important factor in the surgical planning of tumor removal. The most commonly preferred position today is the prone position. [22-23] because the overall complication rate and especially the vital risk are extremely low. Many criticisms have been made of the sitting position, especially because of the risk of air embolism. [24]. However, the sitting position has many advantages for surgeons, such as the normal anatomical surgical view of the operating field, easier control of the source of bleeding, and easier control of bleeding due to the outflow of blood by gravity. Also, some studies have reported a better clinical outcome compared to the prone position. [22,25]. The most important surgical trick when performing the surgery in the sitting position is to apply careful hemostasis using the bipolar probe at each step of the procedure and to control bone bleeding with the systematic use of wax. The prone position is recommended only when a patent foramen ovale (PFO) is found on preoperative cardiac ultrasound evaluation. [24]. PFO by itself is not a definite contraindication and if the risk-benefit balance is in favor of the sitting position according to the tumor localization, the sitting position can be done. [26].

Suboccipital craniotomy

In suboccipital craniotomy, a midline linear incision is made from the external occipital prominence to the posterior arch of C2. The posterior fossa bone arises with the foramen magnum.

It is important to leave the muscle attachments of the C2 intact to prevent cranio-cervical stability. Burr holes are placed on either side of the midline just below the transverse sinuses and a wide craniotomy is performed to expose both cerebellar hemispheres. The posterior arch of C1 is usually preserved. Before opening the midline segment, hemostatic forceps are prepared to temporarily clip the lower occipital sinus to prevent heavy bleeding. The dura usually opens in a Y shape and is attached laterally to expose the cerebellar hemispheres and cerebellar tonsils. There are two successive strategies for midline tumors. The transvermian approach uses a midline incision through the inferior vermis with subsequent lateral retraction of the two halves of the vermis and tonsils to expose the dorsal aspect of the tumor. The predominant advantage of this approach is better visualization of the rostral spread of the tumor. The disadvantage is limited lateral exposure and the occurrence of postoperative cerebellar mutism is believed to be higher with vermian cleavage/manipulation. The telovelar approach avoids a vermian division and uses the opening of the Magendie foramen (outflow of the fourth ventricle) to access the tumor. After the arachnoid is divided between the vermis and one of the cerebellar tonsils, the cerebello-medullary fissure is entered. The inferior medullary velum and tela choroidea of the caudal 4th ventricular roof are encountered and its opening provides access to the floor of the 4th ventricle from below. Its advantages are lateral exposure to both lateral foramen of Luschka as well as avoidance of vermian division. The disadvantage is limited access to the most rostral part of the 4th ventricle with tumors extending into the aqueduct. Of note, this is also the approach to access dorsal brainstem lesions with dorsal exophytic components that pass through the ependymal lining of the floor of the 4th ventricle and extend into the 4th ventricle. The incidence of cerebellar mutism is also believed to be lower with this approach [27]. A variant for lateral hemispheric tumors is to make a paramedian incision with a unilateral craniotomy. This is certainly suitable for smaller hemispheric tumors located laterally to one side. However, for larger unilateral tumors, most surgeons still perform bilateral craniotomy with midline exposure and greater bone exposure on the tumor side. This allows for a larger working window and decompression, predicting and accommodating brain swelling. (5).

Postoperative care

Meticulous hemostasis is achieved after tumor resection. The dura is closed or augmented with autograft (pericranium) or synthetic allograft (for example, bovine pericardium) primarily to try and achieve a watertight closure (to reduce the risk of pre-existing meningitis or complications such as wound exudates with the risks of infection and pseudomeningocele). The bone flap is replaced and secured with sutures or screws, and the muscle, fascia, and skin are carefully closed. If an EVH has been placed, it is usually placed in the immediate postoperative period to allow CSF drainage to optimize wound healing (to prevent CSF leaks) and normalize CSF pathways. The volume of the CSF drainage outlet is an indicator of the adequacy of the function of the patient's normal CSF pathways, and once reduced, the EVD is clamped and removed if the patient successfully tolerates this challenge.(5)

References

- Dolecek, T. A., Propp, J. M., Stroup, N. E., & Kruchko, C. (2012). CBTRUS statistical report: primary brain and central nervous system tumours diagnosed in the United States in 2005-2009. *NeuroOncology*, 14(Supplement 5), v1–v49.
- Jung, T. Y., & Rutka, J. T. (2012). Posterior fossa tumours in the pediatric population – multidisciplinary management. In A. Quinones-Hinojosa (Ed.), *Schmidke & Sweet operative neurosurgical techniques* (pp. 654–667). Philadelphia, PA: Elsevier.
- Rutka, J. T., & Kuo, J. S. (2004). Pediatric surgical neuro-oncology: current best care practices and strategies. *Journal of NeuroOncology*, 69(1–3), 139–150.
- Due-Tonnessen, B. J., & Helseth, E. (2007). Management of hydrocephalus in children with posterior fossa tumours: role of tumour surgery. *Pediatric Neurosurgery*, 43(2), 92–96.
- Silva A, Aquilina K. Surgical approaches in pediatric neuro-oncology. *Cancer Metastasis Rev* 2019 Dec;38(4):723-747.
- S. Wilne, J. Collier, C. Kennedy, et al., Presentation of childhood CNS tumours: a systematic review and meta-analysis, *Lancet Oncol.* 8 (8) (2007) 685–695
- J Thomas A, Noël G. Medulloblastoma: optimizing care with a multidisciplinary approach. *J Multidiscip Healthc* 2019;12:335–47,
- Brasme J-F, Grill J, Doz F, Lacour B, Valteau-Couanet D, Gaillard S, et al. Long time to diagnosis of medulloblastoma in children is not associated with decreased survival or with worse neurological outcome. *PLoS ONE* 2012;7:e33415,
- Cochrane DD, Gustavsson B, Poskitt KP, Steinbok P, Kestle JR. The surgical and natural morbidity of aggressive resection for posterior fossa tumors in childhood. *Pediatr Neurosurg* 1994;20:19–29, <http://dx.doi.org/10.1159/000120761>.
- Zeltzer PM, Boyett JM, Finlay JL, Albright AL, Rorke LB, Milstein JM, et al. Metastasis stage, adjuvant treatment, and residual tumor are prognostic factors for medulloblastoma in children: conclusions from the Children’s Cancer Group 921 randomized phase III study. *J Clin Oncol* 1999;17:832–45
- Albright AL, Sposto R, Holmes E, Zeltzer PM, Finlay JL, Wisoff JH, et al. Correlation of neurosurgical subspecialization with outcomes in children with malignant brain tumors. *Neurosurgery* 2000;47:879–85
- von Hoff K, Hartmann W, von Bueren AO, Gerber NU, Grotzer MA, Pietsch T, et al. Large cell/anaplastic medulloblastoma: outcome according to myc status, histopathological, and clinical risk factors. *Pediatr Blood Cance*
- Fattet S, Haberler C, Legoix P, Varlet P, Lellouch-Tubiana A, Lair S, et al. Beta-catenin status in paediatric medulloblastomas: correlation of immunohistochemical expression with mutational status, genetic profiles, and clinical characteristics. *J Pathol* 2009;218:86–94
- Fritsch, M. J., Doerner, L., Kieke, S., & Mehdorn, H. M. (2005). Hydrocephalus in children with posterior fossa tumours: role of endoscopic third ventriculostomy. *Journal of Neurosurgery*, 103(1 Suppl), 40–42.

Kombogiorgas, D., Natarajan, K., & Sgouros, S. (2008). Predictive value of preoperative ventricular volume on the need for permanent hydrocephalus treatment immediately after resection of posterior fossa medulloblastomas in children. *Journal of Neurosurgery Pediatrics*, 1(6), 451–455.

Sainte-Rose, C., Cinalli, G., Roux, F. E., Maixner, R., Chumas, P. D., Mansour, M., Carpentier, A., Bourgeois, M., Zerah, M., PierreKahn, A., & Renier, D. (2001). Management of hydrocephalus in pediatric patients with posterior fossa tumours: the role of endoscopic third ventriculostomy. *Journal of Neurosurgery*, 95(5), 791–797

Sekhar N L, Fessler G R. 2006. Atlas of neurosurgical techniques: Brain. New York: Thieme Medical Publisher

Thompson EM, Hielscher T, Bouffet E, Remke M, Luu B, Gururangan S, et al. Prognostic value of medulloblastoma extent of resection after accounting for molecular subgroup: a retrospective integrated clinical and molecular analysis. *Lancet Oncol* 2016;17:484–95.

Ramaswamy V, Taylor MD. Medulloblastoma: from myth to molecular. *J Clin Oncol* 2017;35:2355–63

Dietze, Jr. D.D. · Mickle J.P. Cerebellar mutism after posterior fossa surgery. *Pediatr Neurosurg* 1990–91;16:25–31

Calenbergh F, Van de Laar A, Plets C, Goffin J, Casaer P. Transient cerebellar mutism after posterior fossa surgery in children. *Neurosurgery* 1995;37:894–8.

Orliaguet GA, Hanafi M, Meyer PG, Blanot S, Jarreau MM, Bresson D, et al. Is the sitting or the prone position best for surgery for posterior fossa tumours in children? *Paediatr Anaesth* 2001;11:541–7.

[21] Porter JM, Pidgeon C, Cunningham AJ. The sitting position in neurosurgery: a critical appraisal. *Br J Anaesth* 1999;82:117–28.

[22] Dallier F, Di Roio C. Sitting position for pineal surgery: some anaesthetic considerations. *Neurochirurgie* 2015;61:164–7,

Muzumdar D, Ventureyra ECG. Treatment of posterior fossa tumors in children. *Expert Rev Neurother* 2010;10:525–46,

Aleksic V, Radulovic D, Milakovic B, Nagulic M, Vucovic D, Antunovic V, et al. A retrospective analysis of anesthesiologic complications in pediatric neurosurgery. *Paediatr Anaesth* 2009;19:879–86,

Tanriover, N., Ulm, A. J., Rhoton Jr., A. L., & Yasuda, A. (2004). Comparison of the transvermian and telovelar approaches to the fourth ventricle. *Journal of Neurosurgery*, 101(3), 484–498.

¹Doğan Gündoğan, uzman doktor, Mersin Tarsus Devlet Hastanesi, beyin ve sinir cerrahisi

Yenidoğan sepsisinde IL-6, IL-8, TNF- α ve C-reaktif protein (CRP) düzeylerinin tanı ve prognozdeki yeri

Ruken YILDIRIM

Mehmet Celal DEVECİOĞLU²

Giriş

Yenidoğan sepsisi yaşamın ilk ayı içerisinde görülen sistemik enfeksiyon bulgularıyla karakterize önemli bir morbidite ve mortalite nedeni olduğu için, erken tanı ve tedavisi önem kazanmaktadır. Yenidoğanda enfeksiyon sıklığının diğer yaş gruplarına göre fazla olmasında immün sistemin immatür olmasının rolü mevcuttur. Kan kültüründe mikroorganizmanın tespiti ile kesin tanısı konmakta olan sepsisin, kültür sonucun en erken 24-48 saat içinde çıkması sebebiyle, tanıya yardımcı olacak yeni arayışlara yol açmaktadır. Mevcut kliniğin sepsis ile uyumlu olması halinde alınan kan kültüründe mikroorganizma tespit edilmez ise bile hastaya başlanmış olan antibiyotik tedavisi tamamlanmalı. Sonuç olarak kan kültürünün pozitif çıkması yenidoğan sepsisi için tanı koydurucu olsa bile kültürün negatif çıkması sepsisi ekarte ettirmez (Rashwan vd., 2019:149-155).

Yapılan bazı çalışmalar, sepsis tanısını koymak için CRP, interlökin-6 (IL-6) ve interlökin-8 (IL-8) gibi birçok sepsis belirtici içermektedir. CRP, enfeksiyon yanıt olarak karaciğerde sentezlenen bir akut faz reaktanıdır. Şüpheli vakalarda enfeksiyonun dışlanmasında daha faydalı olabilir ve antibiyotiklerin daha erken kesilmesini sağlayabilir. IL-6, enfeksiyon sırasında erken dönemde artan en önemli sitokinlerden biri olarak kabul edilir. Bakteriyel enfeksiyona yanıt olarak monositler ve makrofajlar tarafından üretilir. IL-8 Enfeksiyona cevap olarak monosit, makrofaj ve endotel hücreleri tarafından salgılanmakta. Bir çok özelliği ile IL-6'ya benzer. CRP ile birlikte sepsis tanısında kullanıldığında sensitivitesi yüksektir (Frantz vd., 1999:447-453).

Klasik olarak semptomların ortaya çıkış zamanına göre yaşamın ilk 3 gününde görülen erken başlangıçlı neonatal sepsis (ENS) ve yaşamın 4-30. günlerinde görülen geç başlangıçlı neonatal sepsis (GNS) olarak ikiye ayrılır. Annede kronik bir hastalığın varlığı, anne yaşının 40 yaş üstü yada 18 yaş altında olması sepsis olasılığını normale göre arttırmaktadır (Ferrieri ve Wallen, 2018:553-565; Shane vd., 2017:1770-1780). Prematüre bebeklerde term bebeklerden sepsis görülme olasılığı 3-10 kat daha fazladır. Erken membran rüptürü (>18 saat) ve korioamniyonit varlığında ENS riski yaklaşık 10 kat artmıştır (Ericson, Laughon,2015:155-165). Annede rektal, vajinal grup B streptokok (GBS) kolonizasyonu, Fetal distres varlığı, çoğul gebelik, düşük APGAR, erken başlangıçlı sepsis riskini artırırken, kateter/sonda takılması gibi invaziv girişimler, mide asiditesinin azaltılması ve cerrahi girişim ihtiyacı GNS riskini arttırmaktadır (Karakuş vd., 2007:151-154). Doğum ve doğum sonrası komplikasyonlar daha sık ENS ile ilişkilidir (Puopolo vd., 2011:1155-1163).

¹ Uz. Dr. Diyarbakır Çocuk Hastanesi, Diyarbakır

² Prof. Dr., Dicle Üniversitesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları, Diyarbakır

Yenidoğan sepsisinde bulgu ve semptomlar genellikle nonspesifiktir. Erken başlangıçlı sepsis çoğunlukla birden çok organ ve sistemi tutarken, geç başlangıçlı sepsis multi sistemik yada osteomyelit, pnömoni veya artrit gibi tek odağı tutmakta. Sepsiste erken tanı sadece bebeğin hayatta kalma olasılığı için değil aynı zamanda oluşabilecek komplikasyonların önlenmesi içinde önemlidir. Sepsiste hastanın klinik bulguları kardiyak, solunum, merkezi sinir sistemi ve gastrointestinal sistem ile ilgili olsada en değerlisi bebeğin iyi görünmemesidir (Satar ve Özlü, 2012:449-457; Bizzarro vd., 2005:595-602).

Bu çalışma ile, yenidoğan sepsisinin tanı ve prognozunda IL-6, IL8, TNF- α ve C-reaktif protein (CRP) seviyelerinin güvenilirliği ve öneminin tespit edilmesi amaçlandı.

Yöntem

Bu çalışma, 2008 yılında Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitesinde, sepsis nedeniyle takibini ve tedavisini yaptığımız 30 hasta ile herhangi bir hastalığı olmayan annelerden problemsiz olarak doğan sağlıklı 20 yenidoğan üstünde yapıldı. Çalışmayı kabul ettiklerine dair hasta ebeveynlerinden onam alındı. Çalışma için (12/6/2008 karar no:614) ile Etik Kurulundan onam alındı.

Yenidoğan sepsisi tanısı, annede görülen, EMR, ürogenital sistem enfeksiyonu, evde doğum, prematürelilik ve düşük doğum tartısı gibi risk faktörleriyle beraber, muayenesinde, takipne, burun kanadı solunumu, inleme, siyanoz, emmeme, yenidoğan reflekslerinin azalması veya kaybolması, taşikardi veya bradikardi, periferik dolaşım bozukluğu, hipotansiyon, kusma, ishal, batin distansiyon, hipo yada hipertermi, iritabilite, hipotoni, sarılık, konvülsiyon, kutis marmaratus ve ciltte döküntü gibi bulguları tespit edilen yenidoğanlar da ayırıcı tanıya giren olasılıkların ekartasyonu ile konuldu. Sepsis tanısı için Töllner sepsis skorlaması kullanıldı (Töllner,1982:331-337).

Klinik olarak sepsis düşünülen hastalardan, kan kültürü, periferik yayma, CRP, TNF- α , IL-6 ve IL-8 için kan alındı. Sepsisli olgularda kan kültürü antibiotik tedavisi öncesinde alındı. Pediatrik BACTEC kültür vasatlarına 0.5-1 ml'lik venöz kan ekimi yapıldı. Kankültürü makinasında (Becton Dickinson, Phoenix 100) bir hafta tutuldu. Kültürde üremiş olan mikroorganizmalar gram boyası ile boyandı ve ekimi yapıldı. İdentifikasyon işlemi bir Enfeksiyon Hastalıkları uzmanı ve Mikrobiyolog tarafından yapıldı. CRP immunonefelometre (Beckman coulter, imimage S/N 2528) yöntemi kullanılarak çalışıldı ve normal değer <3 olarak kabul edildi. Sitokinler (TNF- α , IL-6 ve IL-8) için jelli biyokimya tüpüne 2cc kan alındı. Sitokinler için kemoimmunesans immunoassay yöntemiyle çalışılan İmmulite Automated Analizer kullanıldı. TNF- α , IL-6 ve IL-8 düzeyleri pg/ml cinsinden ölçüldü.

Mevcut verilerin değerlendirilmesi için kullanılan istatistiksel yöntemler (standart sapma, ortalama) yanı sıra iki grubun kıyaslanmasında bağımsız t testi, mevcut grupların yinelenen ölçümlerinde eşlendirilmiş t testi, nitel verilerin karşılaştırmalarında ki-kare testi kullanıldı. Sonuçlar, çift yönlü hipotez ve anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

Bulgular

Çalışmaya kliniği sepsis ile uyumlu 30 hasta ve sağlıklı olan 20 vaka alındı. Mevcut klinik, biyokimyasal parametreler ve istatistiksel sonuçlar aşağıda özetlendi.

Her iki grubun cinsiyet, yaş, postnatal yaş ve doğum yeri parametreleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı. Doğum ağırlığı (p:0.002), gestasyonal yaş (p:0.001), EMR (p:0.011) ve mortalite (p:0.003) parametrelerinin iki grup arasındaki farkları istatistiksel olarak anlamlıydı. Sepsis grubunda daha düşük doğum ağırlığı ve gestasyonal yaş vardı ve bu grupta EMR ile mortalite oranı yüksekti (Tablo 1).

Tablo 1. Sepsis ve Kontrol Grupları Arasında Risk Faktörlerinin Karşılaştırılması

	Sepsis (n=30)	Control (n=20)	p value
Cinsiyet, n (%)			
Erkek	16 (53.3)	11 (55.0)	0.569 ^a
Kız	14 (46.7)	9 (45.0)	
Yaş, n (%)			
0-4 gün	8 (26.7)	4 (20.0)	0.425 ^a
5-30 gün	22 (73.3)	16 (80.0)	
Doğum tartısı, g, n (%)			
≤ 2500 g	13 (43.3)	-	0.002 ^b
> 2500 g	17 (56.7)	20 (100.0)	
Doğum haftası, n (%)			
≤ 38 hafta	11 (36.7)	-	0.001 ^a
> 38 hafta	19 (63.3)	20 (100.0)	
EMR, n (%)			
Evet	8 (26.7)	-	0.011 ^a
Hayır	22 (73.3)	20 (100.0)	
Postnatal yaş, n (%)			
Erken	8 (26.7)	4 (20.0)	0.425 ^a
Geç	22 (73.3)	16 (80.0)	
Doğum yeri, n (%)			
Hastane	27 (90.0)	20 (100.0)	0.207 ^a
Ev	3 (10.0)	-	
Mortalite, n (%)			
Exitus	10 (33.3)	-	0.003 ^a
Şifa	20 (66.7)	20 (100.0)	

a. Fischer's Exact Test, b. Chi-Square Test

TNF- α , IL-6, IL-8, CRP seviyesi hasta grubunda daha yüksek düzeylerde çıktı. Fark analizi sonuçlarına göre IL-6 (p:0.024), IL-8 (p:0.029) ve CRP (p:0.010) düzeylerinin gruplar arasındaki farkları istatistiksel olarak anlamlıydı. TNF- α düzeyinin gruplar arasındaki farkı istatistiksel olarak anlamlı değildi (Tablo 2).

Table 2. Sepsis ve Kontrol Gruplarında IL-6, IL-8, TNF- α ve CRP düzeyleri

	Sepsis (n=30)	Kontrol (n=20)	p değeri
IL-6 (pg/mL)	191.5 \pm 319.5	19.1 \pm 27.9	0.024
IL-8 (pg/mL)	1161.9 \pm 1853.0	175.2 \pm 457.8	0.029
TNF- α (pg/mL)	58.3 \pm 73.0	41.69 \pm 31.2	0.343
CRP (mg/L)	30.0 \pm 44.7	2.9 \pm 2.6	0.010

TNF- α , IL-6, IL-8 ve CRP düzeylerinin erken ve geç sepsis gruplarında farkları istatistiksel olarak anlamlı değildi. Yine bu parametrelerin pozitif ve negatif kültür grupları arasındaki farkları anlamlı değildi. IL-6 (p:0.001) ve IL-8 (p:0.007) düzeyleri mortalite grubunda istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksekti (Tablo 3).

Table 3. Sepsisli Hastalarda IL-6, IL8, TNF- α ve CRP Düzeylerinin Prognoz ile İlişkisi

	Erken Sepsis (n=8)	Geç sepsis (n=22)	p değeri
IL-6 (pg/mL)	296.8 \pm 443.1	153.3 \pm 264.2	0.285
IL-8 (pg/mL)	1348.3 \pm 2139.6	1094.1 \pm 1802.5	0.747
TNF- α (pg/mL)	53.6 \pm 45.6	60.0 \pm 81.6	0.836
CRP (mg/L)	14.5 \pm 18.9	35.6 \pm 50.2	0.259
	Pozitif kültür (n=15)	Negatif kültür (n=15)	
IL-6 (pg/mL)	78.8 \pm 130.2	304.3 \pm 409.0	0.051
IL-8 (pg/mL)	997.8 \pm 1347.5	1325.9 \pm 2305.7	0.638
TNF- α (pg/mL)	45.7 \pm 35.3	70.9 \pm 97.2	0.353
CRP (mg/L)	28.8 \pm 53.4	31.2 \pm 35.9	0.887
	Exitus (n=10)	Şifa (n=20)	
IL-6 (pg/mL)	454.4 \pm 447.1	60.1 \pm 81.3	0.001
IL-8 (pg/mL)	2415.6 \pm 2659.0	535.0 \pm 841.3	0.007
TNF- α (pg/mL)	94.2 \pm 111.6	40.4 \pm 34.9	0.055
CRP (mg/L)	48.9 \pm 62.1	20.6 \pm 30.7	0.103

Tartışma

Yenidoğan sepsisi, hayatın birinci ayında görülen bir enfeksiyonun ortaya çıkardığı semptomlar ve kültürde bir mikroorganizmanın tespit edilmesi ile oluşan, akut bakteriyemi ile giden sistemik bir hastalıktır (Ericson, Laughon,2015:155-165). Yenidoğan sepsisinin hızlı teşhisi, ciddi sonuçlarını önlemek için çok önemli bir konu olarak kabul edilir. Erken teşhise yardımcı olmak için birçok sepsis belirteci devreye giriyor. Sepsiste ortaya çıkan bulguların ve komplikasyonların büyük kısmı mikroorganizmanın direkt olarak etkisiyle oluşmasından çok, enfeksiyona sekonder salgılanmış olan mediatörlerin etkisi sonucudur. Önceki yıllarda sepsis gelişiminde mikroorganizmadaki lipopolisakkaritler suçlanırken, daha sonra lipopolisakkaritlerin uyarması ile ortaya çıkan TNF- α , IL-1, IL-6, IL-8 gibi birçok mediatörün sepsis oluşumunda yer aldığı tespit edilmiştir (Shane vd., 2017:1770-1780; Puopolo vd., 2011:1155-1163).

Burstein vd.,(2021:101-102) çalışmalarında, yenidoğan sepsis tanısında CRP'nin duyarlılığını %74 ve özgüllüğünü %62 olarak bildirmişlerdir. Bunduki ve Adu-Sarkodie (2020:194) yenidoğan sepsisinde CRP duyarlılığını %95.7 ve özgüllüğünü %82.4 olarak bildirmişlerdir. Morad ve ark (2020:pargraf 49)) sepsis grubunda CRP düzeylerinin istatistiksel olarak anlamlı şekilde sepsis şüpheli gruptan yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Ye vd., (2017: 616-621) çalışmalarında, CRP için yenidoğan sepsis tanısal değerini %88.0 olarak bildirmişlerdir. Hisamuddin vd., (2015: 527-531) çalışmalarında, yenidoğan sepsis tanısında CRP'nin tanısal değerini %70.07 olarak bildirmişlerdir. Adib vd., (2012:777-782) çalışmalarında CRP'nin sepsisin erken tanısındaki duyarlılığını %45 ve özgüllüğünü %95 olarak rapor etmişlerdir. Forrest vd., (1986: 192-198) çalışmalarında; tanı ve tedavide CRP'nin sık ölçümlerde daha faydalı olacağı ve antibiyoterapinin sonlandırılmasında önemli bir kriter olduğu sonucuna varmışlardı. Bizim yapmış olduğumuz bu çalışmada tanı esnasında hastaların % 90'da CRP pozitifliği mevcut olup diğer çalışmalar ile uyumluydu. Yaptığımız çalışmada kontrol grubu ile, sepsisli yenidoğan hastaların CRP düzeyleri arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıydı. Öte yandan, CRP düzeyine etki eden değişkenlerin de, CRP tanısal değerinde dikkat alınması gerekir. Vasiljević vd., (2008: 253-257) çalışmalarında, erken sepsis hastalarında CRP seviyesine gestasyonel hafta ve vücut ağırlığının anlamlı etki gösterdiğini rapor etmişlerdir. Bir başka çalışmada Gyllensvärd vd., (2020: 531), CRP ve klinik semptomlar sayesinde yenidoğan sepsisin daha kolay teşhis edilebileceğini bildirmişlerdir.

Sepsisli hastalarda TNF- α salınımı arasında herhangi bir ilişkinin varlığı yıllarca araştırma konusu oluşturmuştur. Rukmono vd., (2016: 15) çalışmalarında TNF- α düzeyinin sepsisli hastalarda, sepsis şüpheli hastalara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Tracey vd., (1986: 470-475); yaptıkları hayvan deneylerinde TNF- α uyguladıkları bir çok olguda sepsis ve septik şok kliniği ile karşılaşmıştı. Hack vd., (1989: 1704-1710); yetişkin hastalarda yaptıkları çalışmada sepsis tanılı 37 olgunun 32'sinde TNF- α serum seviyesinin yükseldiği görülmüştür. Yenidoğan sepsisinde sitokinlerin rolü ile ilgili çalışmalar yetişkinlerde yapılan sepsis ile ilgili çalışılmışmalardan daha azdır. Hibbert ve ark (2020: 15(5)) ise preterm ve term yenidoğan sepsis gruplarında TNF- α serum düzeylerinin anlamlı farklılık göstermediğini rapor etmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada sepsisli hastalarda ölçülen TNF- α seviyesi sağlıklı grub ile mukayese edildiğinde az bir artış görüldü. Ancak yapılan bu çalışma istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı.

Yenidoğan sepsisinde yapılmış olan bir çok çalışmada IL-8 seviyesinin yükselmiş olduğu görülmüştür. (1992: 1704-1710) yılında Hack ve ark. yetişkin sepsisli olgularda bakmış olduğu

serum IL-8 seviyesi, vakaların %89'da yüksek tespit edilmiştir. Yine (1992: 2402-2408) yılında Friedland vd., yaptığı çalışmada; IL-8 seviyesinde ki artış ile mortalite arasında pozitif yönde bir ilişkinin olduğu ileri sürülmüştür. Sitokinlerin yenidoğan sepsisindeki rolü ile alakalı yeterince çalışma olmadığı için, çalışmamızdaki mevcut sonuçlar erişkin sepsisinde tespit edilen sonuçlar ile karşılaştırılacaktır. Üstündağ vd'nin (2000: ankara tez) yenidoğan sepsisi ile ilgili çalışmalarında; kontrol grubuna ile kıyaslandığında IL-8 düzeyi sepsisli olgularda oldukça yüksek bulunmuştur. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Bizim çalışmamızda aynı şekilde kontrol ve hasta grub arasındaki fark anlamlı bulundu ($p=0.029$). Dolaşımda bulunan IL-8 düzeyleri gebelik haftasından ve bebeğin postnatal yaşından etkilenmemektedir (Ng ve Lam. 2006: 125-131). IL-8'in kandaki yarılma ömrünün 60 saat civarında olması, sepsisin tanısında ve takibinde diğer sitokinler ile kıyaslandığında daha yararlı olabileceği izlenimi oluşturmuştur. Bununla beraber daha birçok çalışmaya ihtiyaç vardır. Biz yaptığımız çalışmada sepsisli olguların IL-8 seviyelerinin kontrol grubu ile kıyaslandığında daha yüksek olduğunu ve IL-8 seviyesi çok yüksek olan hastalarda mortalitenin daha yüksek olduğunu bulduk.

Morad vd., (2020: paragraf 49) çalışmalarında, IL-6 düzeyinin sepsis olan hastalarda önemli oranda daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ye vd., (2017: 616-621) çalışmalarında, yenidoğan sepsisinde IL-6 tanısız değerini %98 olarak bildirmişlerdir. Rukmono ve ark (2016:15) çalışmalarında IL-6 düzeyinin sepsisli hastalarda, sepsis şüpheli hastalara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Öte yandan Kocabaş vd., (2007:7-20) çalışmalarında, Prokalsitonin ve TNF-alfa parametrelerine göre IL-6, IL-8 ve CRP parametrelerinin özgüllük ve duyarlılıklarının daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada hasta ve kontrol grubu kıyaslandığında aralarında anlamlı bir fark bulundu. Hack vd., (1989:1704-1710) yetişkin sepsisli olgularda yaptıkları çalışmada IL-6 düzeyindeki yükseklik ile mortalite arasında doğru orantılı bir ilişki tespit etmişti²⁰. Sullivan vd., (1992:510-515); çocuklarda yapmış olduğu çalışmada yaklaşık aynı sonuçları elde etmişti. Üstündağ vd., (2000: ankara tez) yaptığı çalışma ile IL-6 seviyesinin sepsisli grupta sağlıklı grup ile kıyaslandığında artmış olduğu ve mevcut tedavi ile anlamlı oranda azaldığı bulundu. Yapmış olduğumuz çalışma ile IL-6'nın sepsisli hastalarda belirgin olarak yükseldiği ve bunun yanısıra bu yükseklik ile mortalite arasında doğru bir orantı olduğunu bulduk.

Sonuç

Yapmış olduğumuz çalışmada hastalardan sepsis düşünüldüğü anda kan örneği alınmış olsa bile sepsisin tam olarak başlama zamanını tespit etmek güçtür. TNF- α 'nın yenidoğan sepsisinin tanı ve mortalitesinde diğer parametreler kadar önemli olmadığı görüldü. Bununla beraber yenidoğan sepsisinin tanısında IL-6, IL-8 ve CRP'nin oldukça önemli bir yeri olmasına rağmen, enfeksiyonun şiddeti ve mortalitesinin belirlenmesi açısından IL-6 ve IL-8'in daha anlamlı olduğu gözlemlendi.

Kaynakça

1. Rashwan NI, Hassan MH, Mohey El-Deen ZM, Ahmed AE-A. Neonatal sepsis taramasında biyobelirteçlerin geçerliliği-tek merkez-hastane temelli bir çalışma. *Pediatric ve Neonatoloji*. 2019; 60 (2):149–155. doi: 10.1016/j.pedneo.2018.05.001
2. Frantz AR, Steinbach G. Kreon M et al. Reduction of unnecessary antibiotic tehrapy in newborn infants using interleukin-8 and C reactive protein as markes of bacterial infections. *Pediatrics* 1999;104:447-53.
3. Ferrieri P, Wallen LD. Newborn Sepsis and Meningitis. In: Gleason CA, Juul SE, editors. *Avery's Diseases of the Newborn*. 10th ed. Philadelphia, PA: Elsvier; 2018; p. 553–565.
4. Shane AL, Sánchez PJ, Stoll BJ. Neonatal sepsis. *Lancet* 2017;390:1770–80.
5. Ericson JE, Laughon MM. Chorioamnionitis: implications for the neonate. *Clin Perinatol* 2015;42(1):155-165.
6. Karakuş M, Karaca Derici Y, Günçiner Ş. Gebelerde grup B streptokok kolonizasyonu ve antimikrobiyal direnç paterni. *Ege J Med* 2007;46(3):151-154.
7. Puopolo KM, Draper D, Wi S, Newman TB, Zupancic J, Lieberman E, et al. Estimating the probability of neonatal early-onset infection on the basis of maternal risk factors. *Pediatrics* 2011;128:e1155–63.
8. Satar M, Özlü F. Neonatal sepsis: A continuous disease burden. *Turk J Pediatr*. 2012; 54(5):449-457
9. Bizzarro MJ, Raskind C, Baltimore RS, Gallagher PG. Seventy-five years of neonatal sepsis at Yale: 1928-2003. *Pediatrics* 2005;116:595–602
10. Töllner U. Early diagnosis of septicemia in the newborn. *Clinical studies and sepsis score*. *Eur J Pediatr* 1982;138:331–7.
11. Burstein B, Beltempo M, Fontela PS. Role of C-Reactive Protein for Late-Onset Neonatal Sepsis. *JAMA Pediatr*. 2021;175(1):101–102.
12. Bunduki, G.K., Adu-Sarkodie, Y. The usefulness of C-reactive protein as a biomarker in predicting neonatal sepsis in a sub-Saharan African region. *BMC Res Notes* 13. 2020; 194.
13. Morad EA, Rabie RA, Almalky MA, Gebriel MG. Evaluation of Procalcitonin, C-Reactive Protein, and Interleukin-6 as Early Markers for Diagnosis of Neonatal Sepsis. *Int J Microbiol*. 2020 Oct 1;2020:8889086. doi: 10.1155/2020/8889086.
14. Ye, Q., Du, Lz., Shao, WX. et al. Utility of cytokines to predict neonatal sepsis. *Pediatr Res*. 2017; 81, 616–621.
15. Hisamuddin E, Hisam A, Wahid S, Raza G. Validity of C-reactive protein (CRP) for diagnosis of neonatal sepsis. *Pak J Med Sci*. 2015;31(3):527-531.
16. Adib M, Bakhshiani Z, Navaei F, Saheb Fosoul F, Fouladi S, Kazemzadeh H. Procalcitonin: a reliable marker for the diagnosis of neonatal sepsis. *Iran J Basic Med Sci*. 2012;15(2):777-782.
17. Forest JC, Lariviera F, Dolce p: C-reactive protein as biochemical indicator of bacterial infection in neonatas. *Clin Biochem*. 1986; 19: 192-198.
18. Vasiljević B, Antonović O, Maglajlić-Djukić S, Gojnić M. [The serum level of C-reactive protein in neonatal sepsis]. *Srp Arh Celok Lek*. 2008 May-Jun;136(5-6):253-7. Serbian. doi: 10.2298/sarh0806253v. PMID: 18792621.
19. Gyllensvärd, J., Ingemansson, F., Hentz, E. et al. C-reactive protein- and clinical symptoms-guided strategy in term neonates with early-onset sepsis reduced antibiotic use and hospital stay: a

- quality improvement initiative. *BMC Pediatr* 20, 531 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12887-020-02426-w>
20. Rukmono P, Dharmasetiawani N, Warsono W, Wirasti Y, Darwin E. Tumor necrosis factor-alpha and interleukin-6 in early-onset neonatal sepsis. *PI [Internet]*. 12May2016;56(1):15.
 21. Tracey KJ, Beutler B, Lowry SF: Shock and tissue injury induced by recombinant human cachectin. *Science*. 1986; 234:470-475.
 22. Hack CE, de Groot ER, Felt-Bersma RJF, Nuijens JH, Strack Van Schinjndel RJM, Eerenberg-Belmer AJM: Increased plasma levels of interleukin-6 in sepsis *Blood* 1989; 74:1704-1710.
 23. Hibbert J, Strunk T, Simmer K, Richmond P, Burgner D, et al. Plasma cytokine profiles in very preterm infants with late-onset sepsis. *PLOS ONE*. 2020; 15(5): e0232933. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232933>.
 24. Friedland JS, Suputtamongkol Y, Remick DG: Prolonged elevation of interleukin-8 mRNA levels during septicemic and localized pseudomonas pseudomallei infection. *Infect Immun*. 1992; 60:2402-2408.
 25. Üstündağ G. Yenidoğan sepsisinde Leptin, interlökin-6, interlökin-8, Tümör nekrozis faktör alfa'nın rolü. *Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi* Ankara, 2000.
 26. Ng PC, Lam HS. Diagnostic markers for neonatal sepsis. *Curr Opin Pediatr* 2006; 18: 125-31.
 27. Kocabaş E, Sarıkçıoğlu A, Aksaray N, Seydaoğlu G, Seyhun Y, Yaman A. Role of procalcitonin, C-reactive protein, interleukin-6, interleukin-8 and tumor necrosis factor-alpha in the diagnosis of neonatal sepsis. *Turk J Pediatr*. 2007 Jan-Mar;49(1):7-20. PMID: 17479639.
 28. Sullivan JS, Kilpatrick L, Costarino AT, Lee CS, Haris MC: Correlation of plasma cytokine elevations with mortality rate in children with sepsis. *J Pediatr*.1992; 120(4) 510-515.

Local treatment with methotrexate of cesarean scar pregnancy: A case report Sezeryan skar gebeliğın metotreksat ile local tedavisi : Bir olgu sunumu

İlknur OKUR AKŞAN¹

Nilhan ÖZTÜRK²

Dilek YENİAY³

Introduction

Cesarean scar pregnancy is a rare type of ectopic pregnancy, which is diagnosed as developing pregnancy implanted in the myometrium at the side of a previous cesarean section scar¹. This phenomenon occurs about 0.15% in women with a previous cesarean operation². However, it is seen more common due to the increase in the number of cesarean sections and accounts for 6.1% of all ectopic pregnancies². Other causes of the increase include dilatation and evacuation, myomectomy, operative hysterectomy and more improvement in diagnostic methods³. If the condition is not managed in a timely manner, it leads to significant morbidity and mortality. Continuing pregnancies to high weeks, may cause complications such as placenta accrete and uterine rupture.

Clinical high suspicion of CSP in patients who have had previous uterine surgery and early diagnosis by transvaginal ultrasonography may help initiation and success of conservative treatment, prevention of complications, and preservation of uterus and fertility⁴.

There is no consensus on the treatment protocol for CSP. Various treatment options such as dilation and curettage, uterine artery embolization, laparotomy or laparoscopic excision, local or systemic methotrexate, local potassium chlorid, hysteroscopy, hysterectomy have been reported, are depending on the gestational age and clinical characteristics at the time of admission⁵.

In our case, the patient who presented with the complaint of amenorrhea was successfully treated without any complication by detecting a scarring ectopic pregnancy and applying transvaginal ultrasound-guided injection of methotrexate.

Case

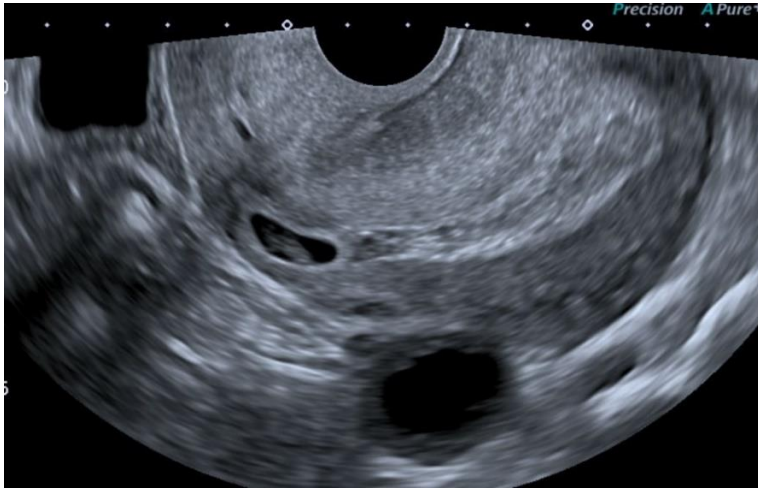
A 37-year-old female patient with gravida 6 parity 3 was admitted to our outpatient clinic with the complaint of amenorrhea. The case had a history of cesarean section fifteen, eight and four years ago, and had undergone salpingectomy for ectopic pregnancy 2 years ago. In the transvaginal ultrasound performed on the same day, crown to rump length (CRL) was measured as 6 mm and

¹Uzman Doktor Giresun Üniversitesi Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Eğitim Araştırma Hastanesi Orcid: 000-0002-4582-9555

² Uzman Doktor, Giresun Üniversitesi Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Eğitim Araştırma Hastanesi, Orcid: 0000-0002-6826-0170

³ 3Uzman Doktor, Giresun Üniversitesi Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Eğitim Araştırma Hastanesi Orcid: 000-0002-1838-2022

was consistent with 6 weeks and 3 days, gestational sac located at the lower uterine segment and at the previous cesarean section scar with a live embryo (şekil I). Due to the presence of the live embryo 50 mg/m² methotrexate was injected inside the gestational sac with transvaginal ultrasound-guided puncture. A 20 Gauge Cook Medical needle was used. Fetal cardiac activity turned negative after methotrexate using and no bleeding was seen. In the ultrasound examination was performed 3 days after the intracavitary methotrexate application, the presence of a 6*3 mm cystic image with irregular borders in the lower uterine segment after meth use of a cystic image the lower uterine segment with irregular walls, measuring 6*3 mm without an embryo. The weekly b-HGG level gradually decreased and the uterus became normal in the control performed 1 month later (şekil II).



Şekil I. Transvaginal ultrasound shows a gestational sac at the site of the lower uterine segment with an empty uterine cavity.



Şekil II. 1 month after treatment with methotrexate transvaginal ultrasound shows normal uterus appearance

Discussion

Cesarean scar pregnancy (CSP) is a life-threatening condition that, if not detected early, can result in high morbidity and mortality⁶. Among all types of ectopic pregnancies, scar ectopic pregnancy is one of the rarest types. The first case was described in 1978 by Larson and Salomon⁷. It occurs as a result of the implantation of the gestational sac into the myometrium and fibrous tissues of the previous uterine scar. CSP tends to be more aggressive in the first and second trimesters due to the risk of bleeding and uterine rupture⁸. The incidence of CSP is increasing all over the world, in line with the increasing trend in cesarean rates⁹. Therefore, the possibility of scar ectopic pregnancy should be included as a distant complication when explaining the complications of cesarean to the patient¹⁰.

There are two types of CSP, depending on the depth of invasion. The first type implants grow away from the serosal lining and into the uterine cavity¹¹. In the second type, locates deep within the scar tissue and progresses into the serosal layer and possibly into the bladder or abdominal cavity. This type is very dangerous and may lead uterine rupture and hemorrhage¹².

US is the first and most important diagnostic method for diagnosis. Increasing suspicion and the widespread use of us have led to the recognition of most cases of CSP in early pregnancy, thus ensuring that the uterus and fertility can be preserved with rapid intervention. It also allows differential diagnosis with abortion, molar pregnancy and cervical ectopic pregnancy. Transvaginal ultrasound may allow early diagnosis of this disease before tragic consequences as uterine rupture or excessive bleeding¹³.

There is still no consensus on the best treatment for cesarean scar pregnancy. The treatment of CSP depends on the clinical condition of the patient. If the patient has massive bleeding or uterine rupture, immediate embolization or laparotomy followed by scar excision or hysterectomy is indicated. The desire to preserve fertility is very important for patients. Medical treatment is primarily indicated in hemodynamically stable patients, with the aim of preserving fertility by avoiding laparotomy. However, close surveillance with the β -HCG level is essential to monitor response. Medical management includes local or systemic use of methotrexate, with or without the use of potassium chloride. After confirming the diagnosis, the injection of potassium chloride causes fetal death immediately and prevents further invasion and proliferation of the villi. Seow et al. have previously advocated the use of ultrasound-guided methotrexate injection in the successful management of scar ectopic¹⁴. A lower β -HCG value and a myometrial thickness greater than 2 mm between the gestational sac and bladder seem to increase the success of methotrexate treatment¹⁵. However, no β -HCG value was determined for this treatment. The success of medical therapy is monitored by serial β -HCG values, and follow-up is recommended until the value reaches < 5 mIU/ml¹⁶. In our case, we caused fetal death without the need for KCL by administering local methotrexate with us guidance into the fetal sac. In the study of Aydeniz et al., which included 5 cases, they terminated the pregnancy by giving intracavitary methotrexate to each patient¹⁷ and follow-up b-hcg levels with us control similar to our study. Local treatments are can be better than systemic treatment because it has fewer side effects.

Conclusion

CSP is a rare, life-threatening obstetric condition which is diagnosed early with the help of us. Early diagnosis and treatment are very important to prevent serious complications. The treatment is not completely clear and the first choice is medical treatment in hemodynamically stable patients. Invasive procedures such as laparotomy or embolization can be applied in patients with acute bleeding. A follow-up protocol with a well-defined diagnostic criteria and defined management can be helpful in the treatment of this challenging ectopic pregnancy.

References

- [1] Rotas MA, Haberman S, Levгур M: Cesarean scar ectopic pregnancies: etiology, diagnosis, and management . *Obstet Gynecol.* 2006, 107:1373-81.
- [2] Ash A, Smith A, Maxwell D: Caesarean scar pregnancy. *BJOG.* 2007, 114:253-63.
- [3] Jurkovic D, Hillaby K, Woelfer B, Lawrence A, Salim R, Elson CJ: First-trimester diagnosis and management of pregnancies implanted into the lower uterine segment Cesarean section scar. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2003, 21:220-7.
- [4] Vial Y, Petignat P, Hohlfeld P. Pregnancy in a cesarean scar. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2000; 16(6):592-3.
- [5] Mohapatra I, Samantray SR. Scar Ectopic Pregnancy - An Emerging Challenge. *Cureus.* 2021, 13(7): e16673.
- [6] Samantaray SR, Mohapatra I, Vivekanada A: A clinical study of ectopic pregnancy at a tertiary care centre in Telangana, India. *IJRCOG.* 2020, 9(2):682-87.
- [7] Larsen JV, Solomon MH: Pregnancy in a uterine scar sacculus--an unusual cause of postabortal haemorrhage. A case report. *S Afr Med J.* 1978, 53:142-3.
- [8] Fylstra DL. Ectopic pregnancy within a cesarean scar: a review. *Obst Gynecol Surv.* 2002; 57(8):537-43.
- [9] Mohapatra I, Samantaray SR, Vivekanand A, et al.: Analysis of caesarean sections at a tertiary care centre according to Robson's criteria. *Int J Reprod Contracept Obstet Gynecol.* 2020, 9:3445-3448.
- [10] Shen L, Tan A, Zhu H, Guo C, Liu D, Huang W: Bilateral uterine artery chemoembolization with methotrexate for cesarean scar pregnancy. *Am J Obstet Gynecol.* 2012, 207:386.e1-6.
- [11] Abbas A, Ali S, Nagy M, et al. Accidental diagnosis and conservative management of a case of first-trimester cesarean scar ectopic pregnancy. *Int J Reprod Contracept Obstet Gynecol.* 2018;7(4):1628-30.
- [12] Godin PA, Bassil S, Donnez J. An ectopic pregnancy developing in a previous caesarian section scar. *Fertil Steril.* 1997;67(2):398-400.
- [13] Vial Y, Petignat P, Hohlfeld P. Pregnancy in a cesarean scar. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2000; 16(6):592-3.
- [14] Seow KM, Hwang JL, Tsai YL: Ultrasound diagnosis of a pregnancy in a Cesarean section scar . *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2001, 18:547-549.
- [15] Glenn TL, Bembry J, Findley AD, Yaklic JL, Bhagavath B, Gagneux P, Lindheim SR: Cesarean scar ectopic pregnancy: current management strategies. *Obstet Gynecol Surv.* 2018, 73:293-302.

[16] Calı G, Timor-Tritsch IE, Palacios-Jaraquemada J, et al.: Outcome of cesarean scar pregnancy managed expectantly: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2018, 51:169-175.

[17] Aydeniz EG, Sarı U, Dilek TUK. Cesarean scar pregnancies and their management: case series. *Perinatal Journal* 2018;26(3):155–161.

BRCA-İlişkili Meme Kanseri

Müşerref BAŞDEMİRCİ¹

Özgür BALASAR²

Giriş

Meme kanseri, dünya çapında kadınlarda en sık görülen malignitedir (Ferlay vd., 2013:1385). Kadınlardaki tüm kanserlerin yaklaşık %30'unu oluşturur (Siegel vd., 2020:8). Meme kanseri kadınlarda tüm yaş grubunda kansere bağlı ölümlerde akciğer kanserinden sonra ikinci sırada yer alırken, 20-59 yaş arası kanser nedeni ölümlerde ise ilk sırada gelir (Siegel vd., 2020:23). Yaklaşık %5-10'u kalıtsaldır ve ailede kanser öyküsü ile yakından ilişkilidir, ancak bu durum farklı etnik gruplar arasında ve meme kanseri alt tiplerine göre değişkenlik gösterebilmektedir (Cao vd.,2017:42).

Delesyon, duplikasyon ve translokasyonlar gibi anormalliklerden kaynaklanan genomik instabilite, meme kanseri de dahil olmak üzere tüm kanser hücrelerinin önemli özelliklerinden birisidir. Bu genomik anomalilerin DNA çift zincir kırıklarının onarım mekanizmasındaki eksikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Romanowicz-Makowska vd., 2011:201). Çift zincir kırıkları zararlı DNA lezyonlarıdır ve doğru şekilde tamir edilmezse, hücrenin hayatta kalmasını daha da tehlikeye atabilecek kromozomal segment kayıplarına sebep olabilir. Aynı zamanda bu lezyonların hatalı onarımı, genomik instabiliteye ve hücre için zararlı olabilecek başka zararlı mutasyonların da ortaya çıkmasına sebebiyet verebilir (Romanowicz-Makowska vd., 2011:201).

BRCA1 ve *BRCA2* DNA çift zincir kırıklarının onarımında rol oynayan tümör supresör genlerdendir (Narod ve Salmena, 2011:445). *BRCA1/2* genlerindeki germline patojenik/muhtemel patojenik (P/LP) varyantlar herediter meme kanserlerinin büyük bir kısmından sorumludur (Demir vd., 2020:1337). *BRCA1/2* genlerinde monoallelik germline P/LP varyantları olan bireylerde meme kanseri gelişme riski oldukça yüksektir. Bu genlerdeki varyantların araştırılmasının meme kanser gelişimi için risk değerlendirilmesinde prediktif rol oynadığı kanıksanmıştır (Tung ve Garber³, 2018:141).

BRCA1/2 genlerinin meme kanser gelişimi için en önemli duyarlılık genleri olduğu göz önünde bulundurulduğunda, Ulusal Kapsamlı Kanser Ağı (National Comprehensive Cancer Network, NCCN) klavuzlarına göre seçilmiş hastalarda genetik test yapılması, hastaların tedavi planlanması, takibi, ailesindeki diğer riskli bireylerin belirlenmesi ve o kişilerin klinik yönetimi ve genetik danışmanlık açısından oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada meme kanseri tanısı konulan ve/veya NCCN kriterlerine göre genetik analiz yapılması önerilen olguların *BRCA1/2* genetik analiz sonuçlarını sunmayı amaçladık.

¹ Medical Genetic Specialist, MD, Konya City Hospital, Department of Medical Genetics, Orcid: 0000-0001-9012-9307

² Medical Genetic Specialist, MD, Konya City Hospital, Department of Medical Genetics, Orcid: 0000-0002-2945-9355

Yöntem

Bu çalışmada NCCN klavuzlarına göre *BRCA1/2* genetik analiz yapılması gereken, aralarında akrabalığı bulunmayan 55 olgunun genetik analiz sonuçlarını sunduk. NCCN kriterleri Tablo 1’de gösterilmiştir. *BRCA1/2* genlerindeki nokta mutasyon ve küçük delesyon/duplikasyon tespiti için NGS (Next Generation Sequencing, Yeni Nesil Dizileme) yöntemi kullanılırken, büyük delesyon ve duplikasyon tespiti için ise MLPA (Multiplex Ligation-dependent Probe Amplification, Multipleks ligasyona bağlı prob amplifikasyonu) yöntemi kullanılmıştır.

NGS yöntemi; tek bir numuneden elde edilen DNA’nın enzimatik reaksiyonlarla milyonlarca DNA molekülüne ayrılması ve çoğaltılması ile bu DNA moleküllerinin eş zamanlı olarak dizilenmesi esasına dayanmaktadır. Böylece genomdaki her bir bazın birden çok kez okunması ve DNA parçalarının dizilenmesi ile varyantların daha doğru bir şekilde tespit edilebilmesi mümkün olabilmektedir. Ancak bu yöntem ile genomdaki büyük kopya sayısı değişiklikleri (ekzonik delesyon ve duplikasyonlar) tespit edilememektedir. Bunun için MLPA yöntemi kullanılmaktadır. MLPA, Multipleks Ligasyona Bağlı Prob Amplifikasyonu, floresan ile işaretli evrensel probolar eklenmiş dizilerin, eşleniği olduğu DNA’daki delesyon durumuna göre amplifiye olması ve bunun genetik analizörler ile tespit edilmesi esasına dayanır.

BRCA1/2 genlerindeki varyantların çoğu ($\geq 80\%$) tüm gen dizi analiz yöntemi ile, daha küçük bir kısmı ($\sim 10\%$) ise delesyon duplikasyon analizi ile tespit edildiğinden; olgulardan EDTA’lı tüpe alınan periferik kan örneğinden DNA izolasyonu yapılarak öncelikle NGS yöntemi ile *BRCA1/2* tüm gen dizi analizi çalışılıp herhangi bir varyant tespit edilmeyenlerde MLPA yöntemi ile *BRCA1/2* delesyon-duplikasyon analizi yapılmıştır.

Tablo 1. NCCN Kriterleri

Sonuç

NCCN kriterlerine göre çalışma yapılan 55 olgunun tamamı bayan idi. Olguların 49 tanesi meme kanseri tanısına sahip iken 6 olguda kanser tanısı yoktu. 55 olgunun 13 tanesinde *BRCA1/2* geninde heterozigot varyant tespit edildi ($\%23,63$). Bir olguda *BRCA2* geninde 2 varyant saptandı. Tespit edilen 14 varyantın 8 tanesi P/LP iken, 6 varyant klinik önemi belirsiz varyant idi. Olgularda tespit edilen benign/muhtemel benign varyantlar değerlendirilmeye alınmadı. Tüm olgularda tespit

edilen P/LP varyant oranı %14,54 idi (8/55). P/LP varyant tespit edilen 8 olgunun 6 tanesi meme kanseri tanısına sahip idi. Dolayısıyla meme kanseri tanısı konulmuş olan olguların %12,24'ü (6/49) *BRCA1/2* açısından pozitif. Çalışma yapılan tüm olguların genetik analiz sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tespit edilen tüm varyantların 8'i *BRCA1* (%57,15)(8/14), 6'sı *BRCA2* geninde iken (%42,85)(6/14); P/LP varyantların beş tanesi *BRCA1* (%62,5)(5/8), üç tanesi ise *BRCA2* genindeydi (%37,5)(3/8). Tespit edilmiş olan 14 varyantın 12 tanesi NGS yöntemi (%85,7) ile 2 tanesi ise MLPA(%14,3) yöntemi ile tespit edildi. MLPA analizi ile iki olguda tespit edilen *BRCA1* geninde ekzon 13 delesyonu idi. Diğer varyantlar ise NGS yöntemi ile tespit edilen nokta mutasyonu ve küçük delesyonlardı. Tespit edilen varyantlar ve patojeniteleri Tablo 3'de gösterilmiştir.

Olgularda en sık görülen varyant, Aşkenazi popülasyonunda da en sık görülen varyant olan *BRCA1* genindeki c.5266dupC idi. *BRCA2* geninde yeni bir patojenik varyant (c.8849del) tespit edildi. Klinik önemi belirsiz varyantların klinik öneminin belirlenmesi için olgulara aile taraması ve varyant takibi önerildi.

Tablo 2. Olguların genetik analiz sonuçları.

Başdemirci, Müşerref & Balasar, Özgür; BRCA-İlişkili Meme Kanseri

OLGU	ENDİKASYON	BRCA1 NGS	BRCA2 NGS	BRCA1 MLPA	BRCA2 MLPA
1)Ş.T	36 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
2)E.A	Anne Ve Teyze Meme Ca	c.5266dupC	Normal	Normal	Normal
3)H.E	36 Yaş Meme Ca, 2 Abla Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
4)H.K	38 Yaş Meme Ca	Normal	c.4471_4474delCTGA	Normal	Normal
5)R.Ö	46 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
6)M.Ç	32 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
7)Ş.İ	Anne Ve Teyzede Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
8)T.Ş	36 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
9)B.K	41 Yaş Meme Ca, Abla Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
10)G.K	39 Yaş Meme Ca, Anne Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
11)E.F.Ö	49 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
12)H.T	30 Yaş Meme Ca, Babada Prostat, 2 Halada Meme Ca	Normal	c.6468_6469delTC	Yapılmadı	Yapılmadı
13)Ü.A	25 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Ekzon 13 Delesyon	Normal
14)Ö.S	Anne, Teyze, Teyzenin 2 Kızı Meme Ca	Normal	Normal	Ekzon 13 Delesyon	Normal
15)D.S	42 Yaş Meme Ca	c.3541G>A	Normal	Normal	Normal
16)F.K	49 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
17)G.Ö	50 Yaş Meme Ca, Teyze Ve Kızı Meme Ca	Normal	c.8849delA	Yapılmadı	Yapılmadı
18)S.Ö	37 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
19)S.G	39 Yaş Meme Ca, Teyze Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
20)Z.T	53 Yaş Meme Ca, Anne Ve Kardeş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
21)A.L.P	46 Yaş Meme Ca	c.4730C>A	Normal	Normal	Normal
22)M.G	Ailede BRCA2'de P/LP varyant öyküsü	Normal	Normal	Normal	Normal
23)M.M	Abla,Hala,Babasının Halası Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
24)E.Y	31 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
25)H.N.H	31 Yaş Meme Ca	Normal	c.3310A>C; c.3503T>A	Yapılmadı	Yapılmadı
26)S.C	33 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
27)E.H	38 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Yapılmadı	Yapılmadı
28)N.G	Abla, Hala Kızı Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
29)Ü.U	41 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
30)T.Ö	26 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
31)M.K	44 Yaş Meme Ca	Normal	c.5860A>G	Normal	Normal
32)H.Ö	41 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
33)B.G	38 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Yapılmadı	Yapılmadı
34)S.Ç	31 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Yapılmadı	Yapılmadı
35)F.A	40 Yaş Meme Ca,Anne,Dayı Kızı Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
36)B.G	36 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
37)A.T	34 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
38)E.T	31 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
39)F.A	38 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
40)M.Ö	38 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
41)A.Ö	Over Ca, Teyze Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
42)H.K	56 Yaş Meme Ca,Kız Kardeş,Yeğen Meme Ca	c.3737C>A	Normal	Yapılmadı	Yapılmadı
43)H.Y	29 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
44)C.E	25 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
45)F.A.T	31 Yaş Meme Ca, Anne Over Ca	c.5266dupc	Normal	Yapılmadı	Yapılmadı
46)A.G.G	45 Yaş Meme Ca, Anne Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
47)R.G	55 Yaş Meme Ca, Abla Meme, Anne Over Ca	c.5266dupc	Normal	Yapılmadı	Yapılmadı
48)C.V	25 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
49)M.T	47 Yaş Meme Ca, Abla Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
50)N.S	45 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
51)F.S	38 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Yapılmadı	Yapılmadı
52)H.Ö	44 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal
53)H.K	40 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Yapılmadı	Yapılmadı
54)A.D	44 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Yapılmadı	Yapılmadı
55)A.E	43 Yaş Meme Ca	Normal	Normal	Normal	Normal

Not: S.B:Sonuç bekleniyor. Ailede 2 Meme Ca öyküsü olanların en az birisinde tanı yaşı 50'den küçüktür.

Tablo 3. BRCA1/2 genlerinde tespit edilen varyantlar.

VARYANT	PATOJENİTE	OLGU NO
BRCA1 (NM_007294): c.5266dupC	ACMG:Patojenik Clinvar:Patojenik	2, 45, 47
BRCA1 (NM_007294): c.3541G>A	ACMG :Muhtemel Benign Clinvar:Benign (Klinik Önemi Belirsizden Benigne dönmüştür)	15
BRCA1 (NM_007294): c.4730C>A	ACMG : Klinik Önemi Belirsiz Clinvar: Patojenitesi Tartışmalı	21
BRCA1 (NM_007294): c.3737C>A	ACMG : Klinik Önemi Belirsiz Clinvar: Patojenitesi Tartışmalı	42
BRCA1 geni Ekzon 13 Delesyonu	Patojenik	13, 14
BRCA2 (NM_000059): c.4471_4474delCTGA	ACMG:Patojenik Clinvar:Patojenik	4
BRCA2 (NM_000059): c.6468_6469delTC	ACMG:Patojenik Clinvar:Patojenik	12
BRCA2 (NM_000059): c.8849delA*	ACMG:Patojenik Clinvar: Verisi Yok	17
BRCA2 (NM_000059): c.3310A>C	ACMG : Klinik Önemi Belirsiz Clinvar: Klinik Önemi Belirsiz	25
BRCA2 (NM_000059): c.3503T>A	ACMG : Klinik Önemi Belirsiz Clinvar: Klinik Önemi Belirsiz	25
BRCA2 (NM_000059): c.5860A>G	ACMG : Klinik Önemi Belirsiz Clinvar: Klinik Önemi Belirsiz	31

*Daha önceden tanımlanmamış yeni mutasyon

Tartışma

BRCA1 (17q21.31) ve *BRCA2* (13q13.1) genleri sırasıyla 1994 ve 1995 yıllarında keşfedilen, otozomal dominant kalıtılan, meme kanserine yatkınlık oluşturan en önemli iki genidir (Miki vd.,1994:66, Wooster vd., 1995:789). Bu genlerdeki P/LP germline varyantlar, büyük delesyonlar ve yeniden düzenlenmeler DNA çift zincir kırıklarının tamirinde rol oynayan protein fonksiyon bozukluğu neticesinde kanser riskinde artışa neden olur. Tüm meme kanserlerinin yaklaşık %5-10'u kalıtsal olmakla birlikte (Cao vd.,2017:41), kalıtsal meme kanserlerinin ise %25-28'inden BRCA genleri sorumlu tutulmuştur (Cao vd.,2017:42). BRCA1/2 genlerindeki P/LP varyantlar özellikle erken başlangıçlı meme kanseri, bilateral meme kanseri ve üçlü negatif (östrojen reseptörü, progesteron reseptörü ve insan epidermal büyüme faktörü reseptörü-2 negatif) meme kanseri veya ailede meme kanseri öyküsü olan kişilerde daha sık görülmektedir.

BRCA genlerinde P/LP varyant taşıyan bireylerde görülen klinik tablo *BRCA1/2*-İlişkili Hereditör Meme ve Over Kanseri (Hereditary Breast and Ovarian Cancer (HBOC)) olarak adlandırılır (Shiovitz ve Korde, 2015:1292). Çalışmamızda hereditör olabileceği düşünülen meme kanser olgularının da dahil edilmesi ile birlikte *BRCA1/2* genlerinde varyant oranı %23,63 olarak tespit edilmiş ve literatür ile uyumlu bulunmuştur.

BRCA genlerindeki varyantların tespitinde kullanılan standart yöntemler sekans analizi ve delesyon/duplikasyon analizidir. Bu genlerdeki değişimlerin çoğu, tek nükleotid değişimleri veya birkaç nükleotidlik delesyon ya da insersiyonlardır. Bu değişimler sekans analiz yöntemi ile kolaylıkla saptanabilir ancak sekans analizi büyük genomik değişiklikleri tespit etmekte yetersizdir. *BRCA1/2* genlerindeki değişimlerin küçük bir kısmı ise MLPA yöntemi ile tespit edilen daha büyük yeniden düzenlemelerdir. Bu tür değişimler tüm kalıtsal BRCA varyantlarının yaklaşık %4-28'ini

oluşturur (Riahi vd.,2017:22). Tablo 4'te *BRCA1/2*-İlişkili Herediter Meme ve Over Kanserinde Kullanılan Moleküler Genetik Yöntemler ve P/LP varyantlarının genlerdeki dağılımı gösterilmiştir (Petrucci vd.,2016:4). Çalışmamızda BRCA genlerinde tespit edilen değişimler literatür ile uyumlu olarak %85,7 oranında sekans yöntemi ile %14,3 oranında ise MLPA yöntemi ile saptanmıştır.

BRCA genlerinde tespit edilen varyantların yaklaşık üçte ikisi *BRCA1*, üçte biri ise *BRCA2* genindedir (Tablo 4). Bizim çalışmamızda da BRCA genlerinde tespit edilen tüm varyantların %57,15'i *BRCA1*, %42,85'i ise *BRCA2* genindeydi. Tüm varyantlar içinde P/LP olanların ise %62,5'i *BRCA1*, %37,5'i ise *BRCA2* genindeydi ve literatür ile uyumluydu.

Tablo 4. *BRCA1/2*-İlişkili Herediter Meme ve Over Kanserinde Kullanılan Moleküler Genetik Yöntemler.

Gen	<i>BRCA1/2</i> -İlişkili HBOC'de BRCA genlerindeki P/LP dağılımı	Yönteme göre P/LP varyant tespit oranı	
		Sekans Analizi	Delesyon / Duplikasyon Analizi (MLPA)
<i>BRCA1</i>	%66	>%80	~%10
<i>BRCA2</i>	%34	>%80	~%10

BRCA1/2-İlişkili HBOC (OMIM#604370 ve OMIM# 612555) erkek ve kadın meme kanseri, yumurtalık kanseri (fallop tüpü ve primer periton kanserlerini içerir), *BRCA2* geninde P/LP varyant taşıyanlarda nadiren prostat, pankreas, melanom gibi diğer kanserler için artmış risk ile karakterizedir. (Petrucci vd.,2016:4). Malignite riski tahminleri, etnik kökene göre değişim göstermekle birlikte *BRCA1/2* geninde P/LP varyant taşıyan kadınlarda ömür boyu meme kanseri gelişme riski %50-85'dir (Shiovitz ve Korde, 2015:1292). Tablo 5'te *BRCA1/2* genlerinde germline P/LP varyant taşıyan bireylerde malignite görülme riski özetlenmiştir (Petrucci vd.,2016:4-5).

Tablo 5. Germline *BRCA1/2* -Patojenik Varyantı Olan Bireylerde Malignite Riski.

Kanser Türü	Genel Popülasyon Risk	Malignite riski	
		<i>BRCA1</i>	<i>BRCA2</i>
Meme	%12	%46-87	%38-84
İkinci primer meme	%2 (5 yıl içinde)	%21.1(10 yıl içinde); %83 (70 yaşına kadar)	%10.8 (10 yıl içinde); %62 (70 yaşına kadar)
Over	%1-2	%39-63	16.5%-27%
Erkek meme	%0.1	%1.2	%8.9'a kadar
Prostat	%6 (69 yaşına kadar)	%8,6 (65 yaşına kadar)	%15 (65 yaşına kadar); %20 (ömür boyu)

Pankreas	%0.5	%1-3	%2-7
Melanom (kutanöz & oküler)	%1.6		Artmış risk

BRCA genlerinden daha az yaygın olan, farklı penetrasyon ve görülme sıklığına sahip kalıtsal meme kanser sendromları ile ilişkili başka genler de mevcuttur. Bunlardan *TP53* (Li-Fraumeni sendromu), *PTEN* (Cowden sendromu), *CDH1* (Hereditör Diffüz Gastrik Kanser), *CHEK2*, *ATM* (Ataksi-Telenjektazi), *STK11* (Peutz-Jeghers sendromu) ve *PALB2* genlerindeki P/LP varyantlarda meme kanseri riski artışı daha fazla iken; *BLM*, *WRN*, *RAD51C*, *MLH1*, *MSH2*, *MSH6*, *PMS2*, *EPCAM* genlerinde ise daha nadirdir (Petrucci vd.,2016:9-10). Özellikle BRCA negatif olan ancak hereditör olabileceği düşünülen meme kanser olgularında bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmamızda BRCA genetik analiz endikasyonu bulunan bireylerin sonuçları eşliğinde BRCA1/2-İlişkili HBOC konusu değerlendirildi. Sonuçlar literatür ile karşılaştırılarak BRCA1/2'nin hasta ya da riskli bireylerde analiz edilmesinin önemi vurgulandı.

Sonuç olarak kalıtsal meme kanserleri hakkında klinik bilgiler genişlemeye devam ederken gerekli görülen bireylerde *BRCA1/2* genetik analiz önerilmektedir. Bu durum hem tanı konulmuş hastalarda tedavi yönetiminin planlanması hem de yüksek riskli bireylerde kanser gelişimine karşı riski azaltıcı önlemlerin alınması, bu bireylere erken tanı yöntemlerinin sunulması ve genetik danışmanlık verilmesi açısından oldukça önemlidir.

Kaynakça

- 1) Cao, A., Huang, L., & Shao, Z. (2017). The Preventive Intervention of Hereditary Breast Cancer. *Advances in experimental medicine and biology*, 1026, 41–57. doi: 10.1007/978-981-10-6020-5_3.
- 2) Demir, S., Tozkir, H., Gurkan, H., Atli, E. I., Yalcintepe, S., Atli, E., Sezer, Y. A., Eker, D., Tuncbilek, N., Tastekin, E., Ozen, Y., & Cicin, I. (2020). Genetic screening results of individuals with high risk BRCA-related breast/ovarian cancer in Trakya region of Turkey. *Journal of B.U.ON. : official journal of the Balkan Union of Oncology*, 25(3), 1337–1347.
- 3) Ferlay, J., Steliarova-Foucher, E., Lortet-Tieulent, J., Rosso, S., Coebergh, J. W., Comber, H., Forman, D., & Bray, F. (2013). Cancer incidence and mortality patterns in Europe: estimates for 40 countries in 2012. *European journal of cancer (Oxford, England : 1990)*, 49(6), 1374–1403. doi: 10.1016/j.ejca.2012.12.027.
- 4) Miki, Y., Swensen, J., Shattuck-Eidens, D., Futreal, P. A., Harshman, K., Tavtigian, S., Liu, Q., Cochran, C., Bennett, L. M., & Ding, W. (1994). A strong candidate for the breast and ovarian cancer susceptibility gene BRCA1. *Science (New York, N.Y.)*, 266(5182), 66–71. doi: 10.1126/science.7545954.
- 5) Narod, S. A., & Salmena, L. (2011). BRCA1 and BRCA2 mutations and breast cancer. *Discovery medicine*, 12(66), 445–453.
- 6) National Comprehensive Cancer Network. NCCN clinical practice guidelines in oncology: genetic/familial high-risk assessment: breast and ovarian. *Version 3,2019. National Comprehensive Cancer Network*, 1-112. https://www2.tri-kobe.org/nccn/guideline/gynecological/english/genetic_familial.pdf January 18, 2019.
- 7) Petrucelli, N., Daly, M. B., & Pal, T. (2016). BRCA1-and BRCA2-associated hereditary breast and ovarian cancer. *GeneReviews®[Internet]*.
- 8) Riahi, A., Chabouni-Bouhamed, H., & Kharrat, M. (2017). Prevalence of BRCA1 and BRCA2 large genomic rearrangements in Tunisian high risk breast/ovarian cancer families: Implications for genetic testing. *Cancer genetics*, 210, 22–27. doi: 10.1016/j.cancergen.2016.11.002.
- 9) Romanowicz-Makowska, H., Smolarz, B., Zadrozny, M., Westfal, B., Baszczyński, J., Polac, I., & Sporny, S. (2011). Single nucleotide polymorphisms in the homologous recombination repair genes and breast cancer risk in Polish women. *The Tohoku journal of experimental medicine*, 224(3), 201–208. doi: 10.1620/tjem.224.201.
- 10) Shiovitz, S., & Korde, L. A. (2015). Genetics of breast cancer: a topic in evolution. *Annals of oncology : official journal of the European Society for Medical Oncology*, 26(7), 1291–1299.

- 11) Siegel, R. L., Miller, K. D., & Jemal, A. (2020). Cancer statistics, 2020. *CA: a cancer journal for clinicians*, 70(1), 7–30. doi: 10.3322/caac.21590.
- 12) Tung, N. M., & Garber, J. E. (2018). BRCA1/2 testing: therapeutic implications for breast cancer management. *British journal of cancer*, 119(2), 141–152. doi:10.1038/s41416-018-0127-5
- 13) Wooster, R., Bignell, G., Lancaster, J., Swift, S., Seal, S., Mangion, J., Collins, N., Gregory, S., Gumbs, C., & Micklem, G. (1995). Identification of the breast cancer susceptibility gene BRCA2. *Nature*, 378(6559), 789–792. doi: 10.1038/378789a0.

Ziraat Alanında Kullanılan Etmen Tabanlı Sistemler ve Uygulamaları

Melek Işık¹

1. GİRİŞ

Teknolojiye dayalı sistemler günümüzde birçok sektörde kullanılmaktadır. Genel olarak matematiksel yöntemler ön plana çıksa da sezgisel ve akıllı sistemlerde günlük yaşamda yerini almaktadır. Sezgisel yöntemler, büyük boyutlu problemler için, kabul edilebilir sürede optimuma yakın çözümler verebilen algoritmalarıdır. Matematiksel yöntemler kadar net sonuç vermese de endüstri, ziraat ve hizmet alanlarında kullanılmaktadır. Sezgisel yöntemlerin en sık kullanılanlarına örnek olarak aşağıdaki yöntemler verilmektedir; (www.wikipedia.org)

- Genetik Algoritma
- Karınca Kolonisi Optimizasyonu
- Parçacık Sürü Optimizasyonu
- Yapay Arı Kolonisi
- Diferansiyel Gelişim Algoritması
- Benzetim Tavlama
- Yapay Sinir Ağları
- Bulanık Mantık

Akıllı sistemler ise veri analizine dayalı çözüm yaklaşımlarıdır. Akıllı sistemler tarımsal alanda bitkisel hastalıkların teşhisi, mahsul verimliliğinin belirlenmesi, otomasyon ve akıllı robotların kullanımı gibi uygulamaların gerçekleştirilmesi gibi birçok konuda başarı ile uygulanabilmektedir (Akıllı & Atıl, 2014). Akıllı sistemlere etmen tabanlı sistemler örnek olarak verilebilmektedir. Etmen tabanlı sistemler son zamanlarda ziraat alanında da çözüm yaklaşımı sunmaktadır. Bu çalışmada, etmen tabanlı sistemlerin ziraat alanındaki uygulamaları incelenmiştir.

2. ETMEN TABANLI SİSTEMLER

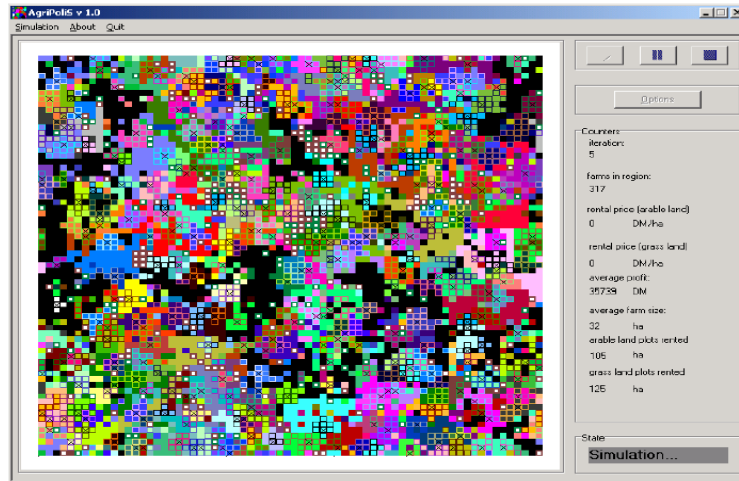
Etmen tabanlı modelleme, son yıllarda arazi kullanımı için dikkat çeken bir yaklaşım haline gelmiştir. Temel olarak insan hatasını en düşük seviyelere indirerek karar vermenin arazi kullanımı üzerindeki etkisini mekansal olarak açık bir şekilde birleştirmenin bir yolunu sunmaktadır. Etmen sistemlerin avantajları, bireysel karar verme ve etkileşimlerini modelleme, sosyal süreçleri ve parasal olmayan etkileri karar verme sürecine dahil etme ve sosyal ve çevresel süreçleri dinamik olarak ilişkilendirme yeteneklerini içermektedir. Etmenler, bağımsız olarak çalışabilen sistemlerdir. Esnek bir şekilde programlanabilmektedir. Günlük hayatta insanlara katkıda bulunmaktadır (Aldağ & Eker, 2018; Öztemel, 2003).

Etmen tabanlı arazi kullanım modelleri, operasyonel karar destek araçlarından ziyade, basit pratik kurallara dönüştürülebilecek temel bir bilgi tabanı geliştirmek için daha faydalı olmaktadır. Matthews, Gilbert, Roach, Polhill, & Gotts (2007) politika analizi ve planlama, katılımcı modelleme, arazi kullanımı veya yerleşimin mekansal modellerini açıklama, sosyal bilim kavramlarını test etme ve arazi kullanım işlevlerini açıklama gibi ziraat alanında yapılan etmen tabanlı çalışmaları gruplandırmışlardır. Bu çalışmada ise yıllara göre gelişimsel olarak ziraat alanındaki etmen sistemler incelenmiştir.

¹ Arş. Gör. Dr., Çukurova Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

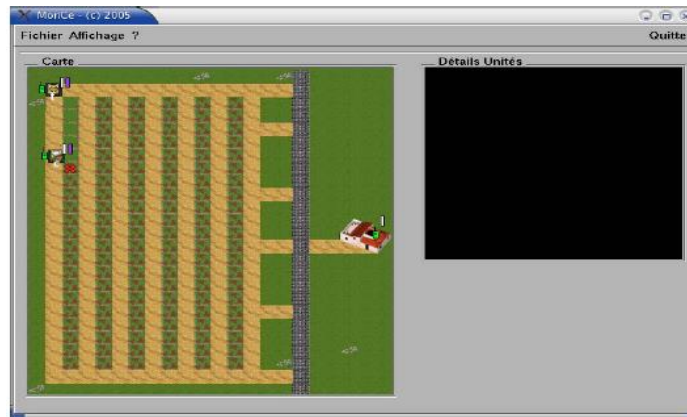
3.ETMEN TABANLI SİSTEMLERİN ZİRAAT ALANINDA UYGULAMALARI

Ziraat alanında kullanılan etmen sistemler son yıllarda daha çok karşımıza çıkmaktadır. Happe, Balmann, & Kellermann (2004), karmaşık ekonomik sistemlerin modellenmesi açısından, etmen tabanlı modelleme sistemlerinin nicel olarak modellemek ve daha doğal bir şekilde anlamak için uygun bir yaklaşım olduğunu öne sürmüşlerdir. Özellikle, etmen tabanlı tarımsal yapısal modelleri, tarımsal sistemlerin karmaşıklığının daha iyi anlaşılmasını desteklemek için bilgisayar deneylerinin yapılmasına izin vermektedir. Çalışma, aynı anda çok sayıda bireysel olarak hareket eden etmenler çiftliği, ürün pazarlarını, yatırım faaliyetini ve arazi pazarını göz önünde bulunduran tarım politikası simülator modelini sunmaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri, mekansal verileri düzenlemek ve belirli özellikleri atamak için kullanılmıştır. Çalışmanın ara yüzünde, boşluklar hücre şeklinde gösterildiği bir dizi grafik ile temsil edilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Tarım bölgesinin idealize edilmiş gösterimi (Happe vd., 2004)

Nesne yönelimli tasarım kullanılarak oluşturulan programda, çok sayıda nesne bulunmaktadır. Nesnelere kullanarak bu çalışmayı tasarlarken, benzer çiftlik kümelerinin davranışı bir bütün olarak tanımlanmıştır. Çiftlik, yönetici, müzakere ve pazarlama etmenleri oluşturulmuştur. Arguenon, Bergues-Lagarde, Rosenberger, Bro, & Smari (2006), bağ hasadında kullanılabilecek farklı tarım robotları için çok etmenli sistem önermişlerdir. Üç tip etmen, üzüm işleme merkezi ve asma sırası gibi statik bileşenler arasında bir bağda hareket etmektedir. İşleme merkezi, hasat edilen üzümleri doluncaya kadar taşıma etmeninden almaktadır.



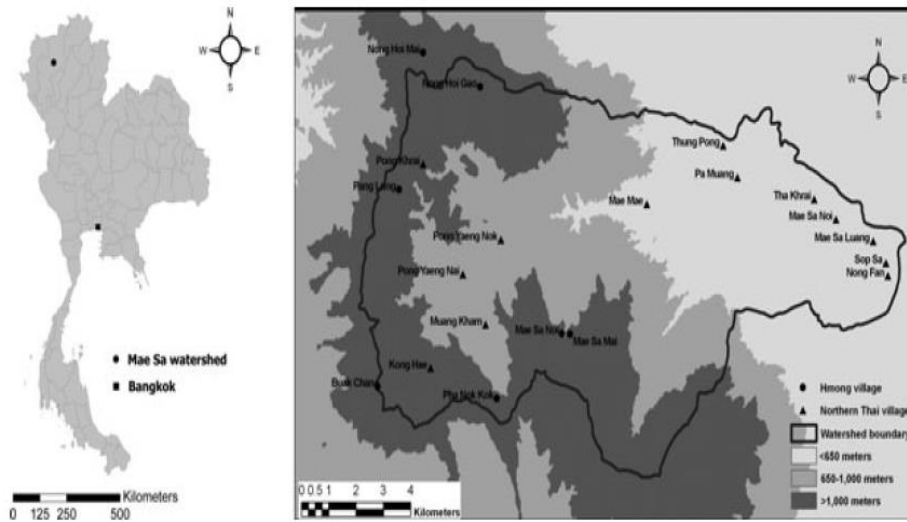
Şekil 2. Etmen tabanlı sistem ara yüzü (Arguenon vd., 2006)

Çoklu etmen sistemi, ORIS platformu kullanılarak hasat işlemine entegre edilmiştir. Şekil 2'de gösterilen ekran görüntüsüdür ve nesneye yönelik programlama diliyle geliştirilmiştir. Çok

etmenli sistem, sistemin prototiplenmesi için insan ve makine etkileşimlerini göz önünde bulundurularak programlanmıştır.

Freeman, Nolan, & Schoney (2009), 1960-2000 döneminde Kanada çayır tarımında çiftlik büyüklüğü ve mali yapının evrimini incelemek için etmen tabanlı sistem kullanıldığını belirtmişlerdir. Modeldeki bireysel çiftlik acentesi etkileşimi ve dinamikleri, arazi mülkiyeti ve kiralama piyasaları aracılığıyla gerçekleşmektedir. Genel olarak, çalışmalarının katkısı iki yönlüdür - ilk olarak, etmenin orta ile büyük ölçekte çiftçiliği simüle etme yeteneğinin bir ‘‘kavram kanıtını’’ temsil etmesi ve ikinci olarak da, model girişimcilik ve hükümet tarımsal destek ödemelerinin Kanada kır çiftliği yapısının evrimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir.

Tayland'ın kuzey yüksek bölgelerindeki bir su havzasında sera tarımının yayılmasını Schreinemachers, Berger, Sirijinda, & Praneetvatakul (2009) ekonomik ölçütler ve etmene dayalı modellemeyi birlikte uygulayarak incelemişlerdir. Çalışmalarında, kuzey Tayland'da dolmalık biber yetiştirmek için seraları göz önünde bulundurmışlardır (Şekil 3).



Şekil 3. Tayland konumu (solda) ve havzadaki yükseklik sınıfları (sağda) (Schreinemachers vd., 2009)

Modeldeki her bir hesaplama etmeni, çalışma alanındaki tek bir çiftliği temsil etmektedir; bu nedenle, gerçekte çiftlikler ne kadar çoksa modelde o kadar çok etmen bulunmaktadır. Etmenler, işçilik, tarım arazisi, meyve bahçeleri ve seralar gibi kaynaklara sahiptir. Etmen sistemde her yıl, her temsilci için sırasıyla yatırım ve üretim kararlarını simüle eden iki matematiksel programlama probleminin çözülmesini içermektedir. Çalışma, dolmalık biber için seraların benimsenmesinde Mae Sa havzasındaki çiftlikleri kısıtladığını göstermiştir.

İskoçya'daki tarım sektörü için varsayımsal bir karbon pazarını temsil eden etmen tabanlı sistem Bakam & Matthews (2009) tarafından sunulmuştur. Model, PALM programında uygulanmıştır. PALM, bir peyzaj düzeyinde kaynak akışlarının simülasyonuna izin veren bir programdır. Bir dizi iç içe sınıf olarak oluşturulmuş etmene dayalı model şeklinde tasarlanmıştır. Çiftçi etmeni, PALM model yapısında stratejik bir rolde tanımlanmıştır. Çiftçi, toplam alanı, yetiştirilen her mahsulün alanı ve her hayvan türünden hayvan sayısı ile tanımlanan bir çiftlik ile ilişkilidir. Yapılan modelin amacı, tarım sektörünün sera gazı emisyonu azaltma hedefine katkısı için ticaret planı seçeneklerinin etkilerini değerlendirmektir. Seçimlerdeki büyük çeşitliliği hesaba katmak için etmen tabanlı bir yaklaşım benimsenmiştir.

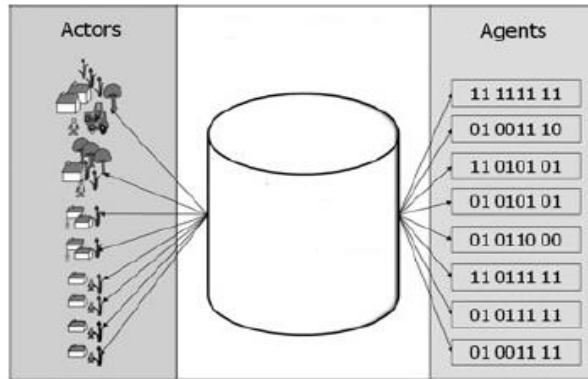
Schreinemachers & Berger (2011) tarımsal sistemlerde çiftlik karar verme sürecini simüle etmek için kısıtlı optimizasyon kullanma geleneğine dayanan matematiksel programlama tabanlı çoklu etmen sistemleri adı verilen etmen tabanlı bir yazılım paketini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, tarımsal teknolojinin, pazar dinamiklerinin, çevresel değişimin

ve politika müdahalesinin heterojen bir çiftlik hane halkı nüfusunu ve bu hanelerin yönettiği tarımsal-ekolojik kaynakları nasıl etkilediğini ortaya koymuşlardır.

Wise & Crooks (2012), fiziksel su sisteminin, su kullanımını düzenleyen yerel, sosyal ve kurumsal yapıların ve emlak piyasasının kuzey Meksika bölgesinde bir yaşam tarzı olarak geleneksel çiftçiliğin sürdürülebilirliği üzerindeki önemli etkileşimini ve kümülatif etkisini araştırmak için etmen tabanlı bir sistem oluşturmuşlardır. Modelin sonuçları, gelecekteki hava durumu modellerine ve hükümet düzenlemelerine bağlı olarak, akarsu temelli çiftçiliğin mevcut oranlara yakın devam edebileceğini, önemli ölçüde küçülebileceğini, ancak var olmaya devam edebileceğini veya tamamen ortadan kalkabileceğini göstermektedir.

Ekosistemlerdeki arazi kullanımını değişimini anlamak için etmen tabanlı modeller giderek daha fazla kullanılmaktadır. Mialhe, Becu, & Gunnell (2012) pirinç ekimi ve su ürünleri yetiştiriciliğinin son 40 yıldır doğal yaşam alanları pahasına rekabet ettiği Pampanga deltası, Filipinler'de elde edilen saha verilerine dayanan etmen modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmanın amacı, çiftçilerin ürün seçimine göre karar verme süreçlerinde çeşitli değişkenlerin etkisini araştırmak ve sonuçta ortaya çıkan arazi kullanım değişikliğini analiz etmektir. Sonuçlar, arazi kullanımındaki değişikliğin üç kategorisini ortaya koymaktadır: çeltik üretiminin doğal yaşam ortamına yayılması, su ürünleri yetiştiriciliğinin doğal yaşam ortamı ve çeltik üzerine bir uzantısı ve çeltik ile su kültürü arasında değişen ardışık dönemler şeklindedir. Çeşitli göstergeler, rasyonel etmenlerin çevresel değişikliklere en tepkisel ve uyarlanabilir olduğunu göstermektedir.

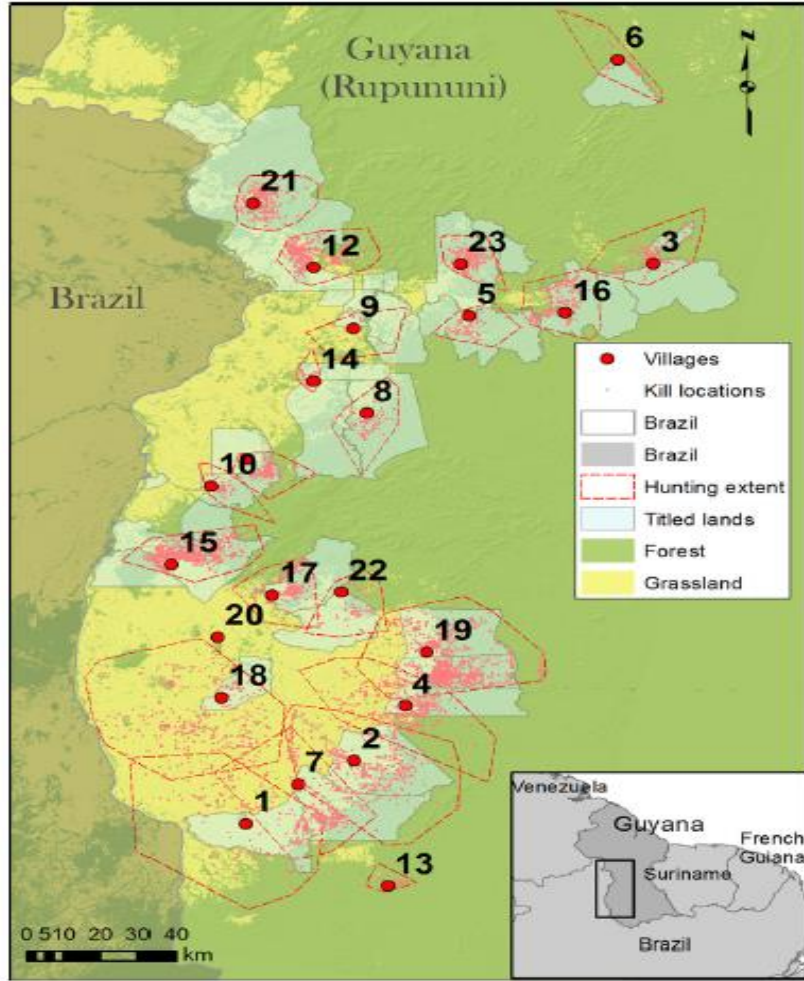
Bilgisayar modelleri, iklimle ilgili analizler için değerli bilgiler sağlayabilir ve tarımda daha iyi uyum ve hafifletme için politika müdahalelerinin düzenlenmesine yardımcı olabilmektedir. Berger & Troost (2014) çiftçilerin tarımda iklim değişikliğine tepkilerini ve bunların politikalardan nasıl etkilendiğini değerlendirmek için tamamlayıcı bir araç olarak çok etmenli sistemler önermişlerdir. Tarımsal sistemlere uygulanan etmen tabanlı modeller, tekrarlı çiftlik programlama için kullanılan tekniklerden yararlanmaktadır, ancak tüm bireysel çiftliklerin modelleri, mekansal etkileşimleri ve doğal çevreyi içermektedir. Çalışmada, iklim değişikliği ve arazi kullanım stratejileri geliştirmenin yolları araştırılmıştır.



Şekil 4. Deneysel gösterim (Berger & Troost, 2014)

Rasgele çiftlik örneği modelde incelenmiştir ve modellenen tüm etmen özellikleri tahmin etmek için kullanılmıştır (Şekil 4). Etmen modeller, karmaşık ama gerçek hayatta nasıl çalıştığına dair grup algılarıyla çok daha yakından ilgilidir ve tamamlayıcı model yaklaşımların herhangi birinden daha önemli bir politika aracı sağlama yeteneğine sahip olmaktadır.

Iwamura, Lambin, Silvius, Luzar, & Fragoso (2014), Rupununi'deki demografik büyüme, avcılık, tarım, arazi örtüsü değişikliği ve hayvan popülasyonu arasındaki etkileşimleri incelemek için etmen tabanlı modelleme ile bütünsel bir model çerçevesi geliştirmişlerdir. Guyana'nın Rupununi bölgesi, kuzey Amazon bölgesinin Guyana Kalkanı içinde yer almaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Rupununi bitki örtüsü ve köylerin haritası (Iwamura vd., 2014)

Model, artan insan nüfusu ile yerel doğal kaynakların tükenmesi arasında geri bildirim döngüleri sergilemektedir. Tarım ve avcılığa dayanan yerli toplumlar için sürdürülebilirlik koşullarını anlamak ve dış müdahalelerin etkilerini incelemek için senaryo analizleri kullanılmıştır. Modelin genel amacı, yerli halk tarafından tutulan topraklar üzerindeki sosyal ve ekolojik etkileşimlerin ve geri bildirimlerin mekanizmasını anlamaktır. Çalışmada, dört tür etmen vardır: alanlar, köyler, haneler ve hayvan türleri. Haneler etmeni temel mekanizmaları sağlamaktadır. Geçim kaynakları ve arazileri sürdürmek için temel geri bildirimleri bütünleştiren yerli toplumların potansiyelini göstermektedir. Orman örtüsünün ve biyolojik çeşitliliğin korunmasının insan faaliyetleriyle nasıl uzlaştırılacağı konusunda daha bilinçli tartışmalara katkısında bulunulmuştur.

Singh & Sharma (2015) tarım alanında internetten kişiselleştirilmiş bilgilerin alınması için etmen teknolojisine dayalı bir yapı önermişlerdir. Gerekli bilgiler, etmenler aracılığıyla kolay ve verimli bir şekilde erişilebilmektedir. Wooldridge & Jennings (1995) etmenleri, belirli bir ortamda konumlanmış ve bu ortamda özerk hareket edebilen bir bilgisayar sistemi olarak tanımlamıştır. Ayrıca, etmenlerin insanların veya diğer sistemlerin müdahalesi olmadan hareket edebildiğini vurgulamışlardır. Etmenler aşağıdaki özelliklere sahiptir;

- Öğrenme/Akıl yürütme: Etmenin geçmiş deneyimlerinden öğrenme ve çevredeki kendi davranışını art arda değiştirme yeteneğidir.
- Etkinlik: Çevresinden gelen etkilere veya bilgilere uygun şekilde tepki verebilir.
- Özerklik: Eylemler üzerinde kontrole sahip olmalıdır. Yalnızca önemli kararlar için kullanıcının müdahalesine ihtiyaç duyabilirler.

- Hedefe yönelik: İyi tanımlanmış hedefleri vardır ve böylece kendi hedeflerine ulaşır.

Sistemde tanımlanan etmenler ise aşağıdaki gibidir;

- Çiftçi Etmen: Çiftçiler için internet ara yüzünün özelleştirilmesinden sorumludur. Diğer etmenlerle işbirliği içinde çalışır.
- Araştırmacı Etmen: İnternet kullanım davranışı aracılığıyla araştırmacının ilgisini ve tercihini örtük olarak belirler ayrıca yayınları, projeleri, işbirliğini, eğitimleri belirler.
- Öğretici Etmen: Kullanıcının ilgisini tanımlar ve mevcut ontolojiyi kullanarak bilgileri ilgi alanına göre kişiselleştirir.
- Pazarlamacı Etmen: Tarımdaki deneyimlerden sorumludur.

Yapılan çalışma, her görev için ayrı etmenler olduğundan ve paralel olarak çalışabildiğinden, bilginin daha verimli kullanılabilirliği ile sonuçlanmıştır. Ayrıca bilgi paylaşımı için birbirleriyle işbirliği yapabilmesi bakımından daha iyi bir sistem geliştirilmiştir. Tarımdaki paydaşlar için kullanıcının ilgi alanına, tercihine ve bağlamına göre bilginin etkin bir şekilde erişilebilir olması sağlanmıştır.

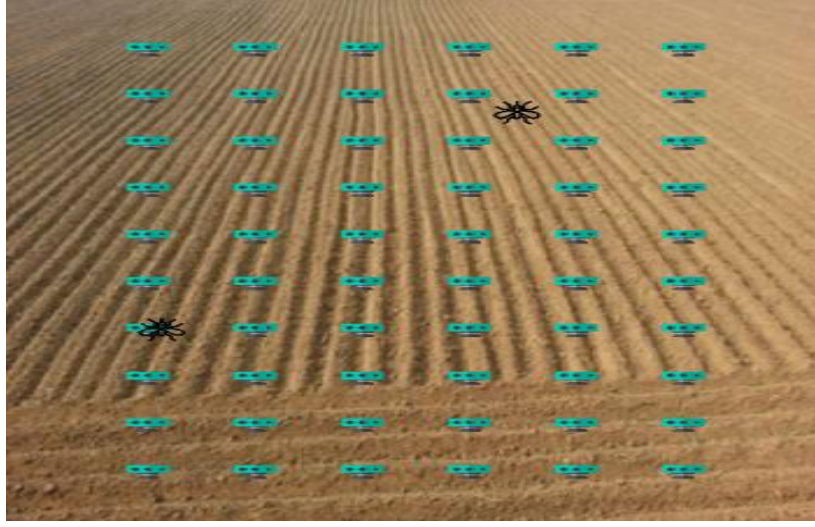
Grovermann, Schreinemachers, Riwthong, & Berger (2017) alternatif pestisit kullanımını azaltma stratejilerinin etkisini önceden değerlendirmeye izin veren bir matematiksel programlama tabanlı çoklu etmen sistemine dayalı yeni bir model geliştirmişlerdir. Model, yüksek değerli nakit mahsullerin benimsenmesine, sentetik pestisit kullanımında hızlı bir artışın eşlik ettiği Tayland'ın kuzeyinden çiftlik ve arsa düzeyindeki verilerle parametrelendirilmiştir.

Tarım sektörü, sürdürülebilir bir topluma geçişte çok önemli bir rol oynamaktadır. Maes & Van Passel (2017), çiftçilerin yapısal çeşitliliğini, davranıştaki heterojenliği ve doğal kaynak kısıtlamalarını hesaba katan etmen tabanlı model kurmuşlardır. Çalışmalarında, Belçika tarım sektörü araştırılmıştır. Bireysel çiftçinin uyum kapasitesinin rolüne, işlem maliyetlerine ve karar kurallarındaki çeşitliliği incelenmiştir. Bu model, çiftlik düzeyinde ampirik verilere dayanmaktadır ve 2001'den 2011'e kadar olan sektör üretimini göz önünde bulundurmaktadır. Belçika'da çeşitlendirilmiş davranış ve etmen tabanlı çiftlik modellemesini birleştiren ilk uygulamadır. Bu durumda, uyarlanabilir ve uyarlanabilir olmayan çiftçi türlerinin ayrı kategorileri uygulanmıştır. Sonuçlar, sektörün zaman içindeki üretim düzeylerini açıklamak için davranış kurallarındaki çeşitliliğin gerekli olduğunu göstermektedir. Çiftçilerin bireysel davranışlarındaki farklı biçimlerin tarım sektörünün adaptasyonunu yavaşlattığını göstermektedir.

Hassas tarımda teknoloji, yalnızca bitkilerin temel ihtiyaçlarını karşılamayı değil, aynı zamanda çeşitli ortam değişkenleri göz önüne alındığında özel ihtiyaçlarını tahmin etmeyi de garanti etmektedir. García-Magariño, Lacuesta, & Lloret (2018), üretim maliyetlerini düşürmek için tarımda akıllı iletişim protokollerini simüle edecek mekanizmalardan yoksun olduğunu belirtmiştir. Bu bağlamda, mevcut çalışma, pestisitlerin verimli bir şekilde yönetilmesi için etmen tabanlı bir akıllı iletişim protokolleri simülatörü sunmaktadır. Simülatör, elektrik gücü, mahsul sağlığı, canlı böcek yüzdesi ve pestisit tüketimi ihtiyaçlarını dikkate almaktadır. Sistem, tarımda akıllı iletişim protokolleri bağlamında farklı stratejileri simüle etmek için yeni bir etmen tabanlı çerçeveye dayanmaktadır. Etmen mimarisi aşağıdaki gibidir:

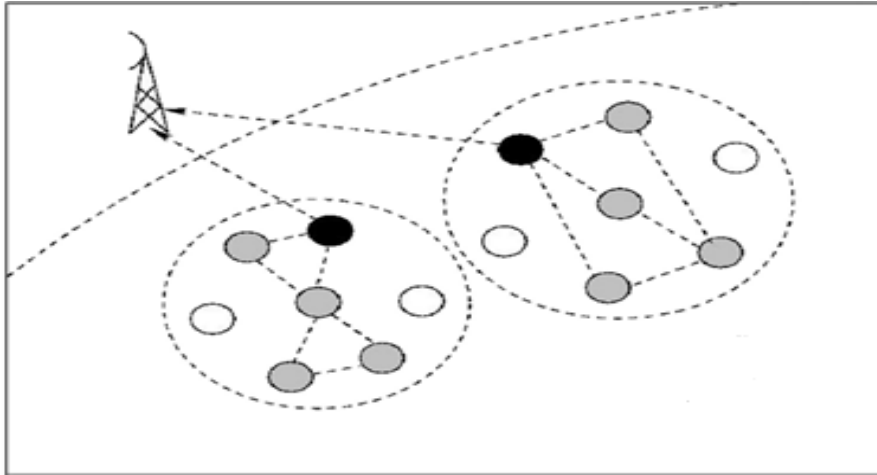
- Sensör Etmeni: Böcekleri tespit etme ve bir ekin alanını dezenfekte edebilmektedir. Bu etmen, diğer sensör etmenleri ile iletişim kurabilmektedir.
- Hata Etmeni: Bir alandaki bir hatayı temsil etmektedir.
- Mahsul etmeni: Belirli bir alanda yaşayan ve büyüyen mahsulü temsil etmektedir.
- Tarım Gözlemci Etmeni: Sistemin etkinliğini ve son durumunu izlemektedir.

Şekil 6. sistemin sonuçlarının gösterildiği ekrandır. Ekin alanı sensörlerle birlikte grafiksel bir şekilde gösterilmiştir. Çalışmanın sonucunda, akıllı protokollerle hassas tarımın daha fazla yönü dikkate alınarak genişletilmesi planlanmaktadır.



Şekil 6. Sistemin çıktı ekranı (García-Magariño vd., 2018)

Kablosuz multimedya sensör ağları, tarım izleme, altyapılar, askeri operasyonlar, afet yönetimi vb. gibi çok çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Bhanu, Reddy, & Hanumanthappa (2019) tarımı izlemek için kullanılan, çok etmen tabanlı, içeriğe duyarlı bir bilgi toplama yöntemi önermişlerdir. Şekil 7.'de gösterilen ağ ortamı, algılayıcı düğümlerden ve bir alıcı düğümden oluşmaktadır.

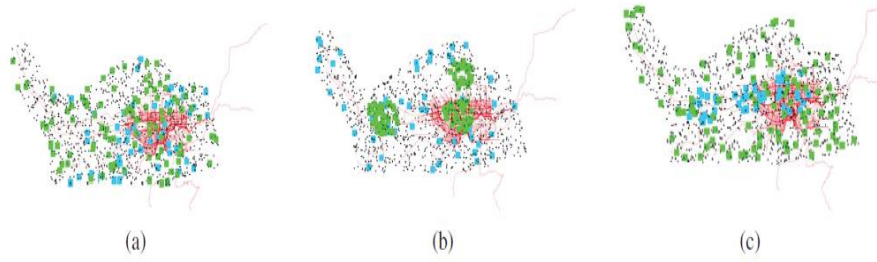


Şekil 7. Network ağı (Bhanu vd., 2019)

Ghandar vd., (2019) kentsel tarım için kullanılan ve Hong Kong yakınlarında bulunan ve hızla büyüyen Shenzhen şehrinde bir uygulamada bulunmuşlardır. Çalışmanın, merkezi olmayan kentsel tarımsal üretim birimlerini koordine etmek için yeni bir karar destek sistemi geliştirmeyi kolaylaştıracak ve kentsel ortamda üretim ve tüketimin birlikte yerleştirilmesinden çok sayıda fayda sağlama öngörülmüştür. Modelin ana kavramları üretim, dağıtım, pazar talebi ve beslenmedir. Üretim bir "itme" dinamiği yaratmakta pazar talebi ise tersine bir "çekme" dinamiği yaratmaktadır. Model, tüketicilerin ve üreticilerin rolleri harmanlama yeteneğini içermektedir. Coğrafi bilgi sistemleri ve kentsel çevrenin demografik özellikleri, çiftlik ve etmen sisteme dahil edilmektedir. Etmen türleri tüketicileri ve üreticileri içermektedir. Temsil edilen pasif nesnelere ise kentsel çiftlikler, tarım birimleri ve gıda ürünleridir. Ana modüller aşağıdakileri içermektedir:

- Başlatma modülü
- Tüketici alışveriş modülü
- Perakendeci kaynak modülü
- Kentsel çiftlik üretim modülü
- Üretici güncelleme modülü

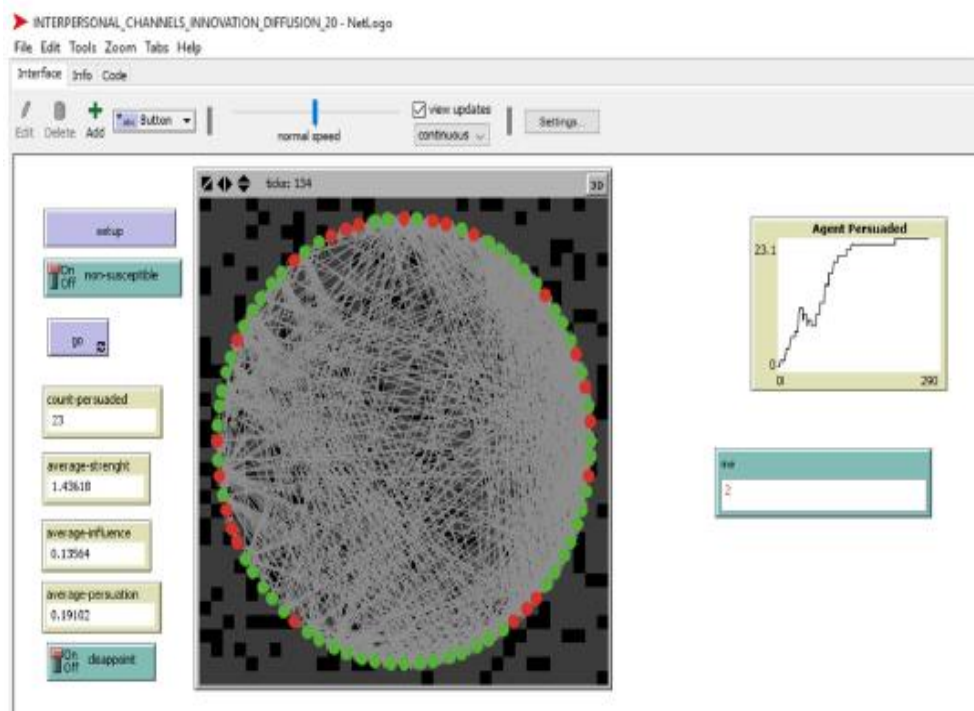
Şekil 8, çiftliklerin ve pazarların mekansal konumlarını test eden konfigürasyonları göstermektedir. Senaryo 1, harita boyunca eşit olarak dağıtılmış çiftliklere ve perakendecilere sahiptir. Senaryo 2, çiftlikleri belirli konumlarla sınırlandırır. Senaryo 3, çiftliklerin yalnızca belirli bir yarıçap içindeki perakendecilerle etkileşime girebilmesi dışında senaryo 1 ile aynıdır.



Şekil 8. Shenzhen şehir senaryoları 1-3'te çiftlik konumu üzerindeki mekansal kısıtlamalar: (a) rastgele dağılım, (b) perakendecilerin yoğunlaşması ve (c) merkezi bir kuşakta yoğunlaşan perakendeciler. Yeşil, kentsel çiftlik yerlerini ve mavi perakende satış yerlerini temsil etmektedir. (Ghandar vd., 2019)

Sonuçlar (modelde kullanılan çeşitli varsayımlar ve veriler göz önüne alındığında), kentsel çiftliklerden gelen tüketim yüzdesini ve tüketici memnuniyetini artırmak için çiftliklerin daha yüksek kapasiteye sahip olması ve ürünün lokasyonlar arası hareketinde çok az kısıtlama ile şehirde yaygın olarak dağıtılması gerektiğini göstermektedir.

Barbuto, Lopolito, & Santeramo (2019) kentsel katı atıklardan elde edilen çözünür biyobazlı maddeler içeren biyolojik olarak parçalanabilen malçlama filmlerinin kullanımıyla ilgili ağ özelliklerini bulmayı amaçlamışlardır. Gerçek verilerine göre etmen tabanlı bir model aracılığıyla yayılma sürecini simüle etmişlerdir. Model, Foggia eyaletinde bulunan Güney İtalya'dan bir bölge baz alınarak incelenmiştir. Etmen tabanlı modeli kodlamak ve çalıştırmak için NetLogo platformunu kullanılmıştır. Şekil 9, uygulanan modelin ara yüzünü göstermektedir.



Şekil 9. Dairelerin etmenleri temsil ettiği NetLogo programı arayüzü (Barbuto vd., 2019)

Nesnelerin interneti teknolojisi son yıllarda sera çevre izleme ve kontrolünde sürekli olarak uygulanmaktadır. Wang, Chen, Zhou, & Li (2020), bir sera sisteminde verilerin birlikte çalışabilirliğini sağlamak için XML tabanlı bir veri kapsülleme yöntemi tasarlamışlardır. Ayrıca, çoklu etmen sisteminin davranışı, sera sistemindeki heterojen bilgileri ve veri senkronizasyonu için kullanılmıştır. JADE tabanlı gerçek zamanlı ve kümülatif veri senkronizasyonu için etmen tabanlı sistem kullanılmıştır.

Ziraat alanında kullanılan etmen sistemler incelendiğinde farklı farklı kullanım alanları olduğu görülmüştür. Geliştirilebilecek birçok alan mevcut olduğu tespit edilmiştir.

4. SONUÇ

Yeni teknolojiler ile üreticiler global dünyada etkili bir strateji içinde zorluklarını paylaşarak, güncel yaşamda daha geniş yararlar sağlamak zorundadır. Yakın gelecekte ziraat alanında ülkemizde, akıllı sistemlerin, tarımsal ürünlerin kalitesinin ve miktarının üretilmesini imkan sağlayarak ve önemli derecede kaynakların yönetiminin iyileştirmesi beklentisi kaçınılmaz olan bir hedef olmaktadır. Bu çalışmada, akıllı sistemler içerisinde tanımlanan etmenlerin ziraat alanında en az diğer sektörleri etkilediği kadar tarım üretimini de etkilediği ve nasıl bir etkilenme olduğu örnek çalışmalarla özetlenmiştir. Yurtdışı çalışmalarının yoğunlukta olması yurtiçinde de bu sektöre ilgi göstermesi gerektiğinin bir sonucudur. Gelecek çalışmalarda, sistemlerin uygulanabilirliğinin ülkemiz ziraat sektörüne katkıda bulunması amaçlanmaktadır.

5. REFERANSLAR

- Akıllı, A., & Atıl, H. (2014). Süt sığırcılığında yapay zeka teknolojisi: Bulanık mantık ve yapay sinir ağları. *Hayvansal Üretim*, 55(1), 39-45.
- Aldağ, M. C., & Eker, B. (2018). Tarım makineleri imalatında yapay zeka uygulamaları. *International Refereed Journal of Engineering and Sciences*, 14(1), 1-11.
- Arguenon, V., Bergues-Lagarde, A., Rosenberger, C., Bro, P., & Smari, W. (2006). Multi-agent based prototyping of agriculture robots. *Paper presented at the International Symposium on Collaborative Technologies and Systems (CTS'06)*, 282-288.
- Bakam, I., & Matthews, R. B. (2009). Emission trading in agriculture: a study of design options using an agent-based approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14(8), 755-776.
- Barbuto, A., Lopolito, A., & Santeramo, F. G. (2019). Improving diffusion in agriculture: an agent-based model to find the predictors for efficient early adopters. *Agricultural and Food Economics*, 7(1), 1-12.
- Berger, T., & Troost, C. (2014). Agent-based modelling of climate adaptation and mitigation options in agriculture. *Journal of Agricultural Economics*, 65(2), 323-348.
- Bhanu, K., Reddy, T. B., & Hanumanthappa, M. (2019). Multi-agent based context aware information gathering for agriculture using Wireless Multimedia Sensor Networks. *Egyptian Informatics Journal*, 20(1), 33-44.
- Freeman, T., Nolan, J., & Schoney, R. (2009). An agent-based simulation model of structural change in Canadian prairie agriculture, 1960–2000. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 57(4), 537-554.
- García-Magariño, I., Lacuesta, R., & Lloret, J. (2018). ABS-SmartComAgri: An agent-based simulator of smart communication protocols in wireless sensor networks for debugging in precision agriculture. *Sensors*, 18(4), 998.
- Ghandar, A., Theodoropoulos, G., Zhong, M., Zhen, B., Chen, S., Gong, Y., & Ahmed, A. (2019). An agent-based modelling framework for urban agriculture. *Paper presented at the 2019 Winter Simulation Conference (WSC)*, 1767-1778.
- Grovermann, C., Schreinemachers, P., Riwthong, S., & Berger, T. (2017). 'Smart' policies to reduce pesticide use and avoid income trade-offs: An agent-based model applied to Thai agriculture. *Ecological Economics*, 132, 91-103.
- Happe, K., Balmann, A., & Kellermann, K. (2004). The Agricultural Policy Simulator (Agridopolis) An Agent-Based Model To Study Structural Change In Agriculture (Version 1.0). Discussion Paper No. 71, 1-42.
- Iwamura, T., Lambin, E. F., Silvius, K. M., Luzar, J. B., & Fragoso, J. M. (2014). Agent-based modeling of hunting and subsistence agriculture on indigenous lands: Understanding interactions between social and ecological systems. *Environmental Modelling & Software*, 58, 109-127.
- Maes, D., & Van Passel, S. (2017). An agent-based model of farmer behaviour to explain the limited adaptability of Flemish agriculture. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 22, 63-77.
- Matthews, R. B., Gilbert, N. G., Roach, A., Polhill, J. G., & Gotts, N. M. (2007). Agent-based land-use models: a review of applications. *Landscape Ecology*, 22(10), 1447-1459.
- Mialhe, F., Becu, N., & Gunnell, Y. (2012). An agent-based model for analyzing land use dynamics in response to farmer behaviour and environmental change in the Pampanga delta (Philippines). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 161, 55-69.
- Öztemel, E. (2003). Yapay sinir ağları. *PapatyaYayıncılık, İstanbul*.
- Schreinemachers, P., & Berger, T. (2011). An agent-based simulation model of human–environment interactions in agricultural systems. *Environmental Modelling & Software*, 26(7), 845-859.

- Schreinemachers, P., Berger, T., Sirijinda, A., & Praneetvatakul, S. (2009). The diffusion of greenhouse agriculture in Northern Thailand: combining econometrics and agent-based modeling. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 57(4), 513-536.
- Singh, A., & Sharma, A. (2015). A framework for semantics and agent based personalized information retrieval in agriculture. *Paper presented at the 2015 2nd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, 929-931.
- Wang, J., Chen, M., Zhou, J., & Li, P. (2020). Data communication mechanism for greenhouse environment monitoring and control: An agent-based IoT system. *Information Processing in Agriculture*, 7(3), 444-455.
- Wise, S., & Crooks, A. T. (2012). Agent-based modeling for community resource management: Acequia-based agriculture. *Computers, Environment and Urban Systems*, 36(6), 562-572.
- Wooldridge, M., & Jennings, N. R. (1995). Intelligent agents: Theory and practice. *The Knowledge Engineering Review*, 10(2), 115-152.
- https://tr.wikipedia.org/wiki/Sezgisel_algoritma

Anomali Tespiti için Geçitli Yinelemeli Sinir Ağları ile Derin Öğrenme

Merve Begüm TERZİ

I. GİRİŞ

Geleneksel süreç izleme teknikleri, verilerdeki anomalileri tespit etmek amacıyla bir zaman penceresi boyunca kümülatif toplam ve üssel ağırlıklı hareketli ortalama gibi istatistiksel ölçümler kullanmaktadır [1]. Bu tekniklerde, zaman penceresinin uzunluğunun önceden belirlenmesi gerekmekte ve sonuçlar büyük ölçüde bu parametreye bağlı olmaktadır.

Yinelemeli sinir ağlarının (RNN) gelişmiş varyantları olan GRU ve LSTM ağları, RNN'ler tarafından karşılaşılan kaybolan gradyan probleminin üstesinden gelmek amacıyla sürekli hata akışını sağlayan çarpımsal geçit mekanizmaları kullanmaktadır [2]. Değişen uzunlukta örüntüler içeren karmaşık çok değişkenli zaman dizilerindeki uzun vadeli bağımlılıkları öğrenebilme ve uzun süre hafıza koruyabilme yetenekleri sayesinde önceden belirlenmiş zaman penceresi ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Yinelemeli gizli katmanların ardışık olarak yığılması sonucu oluşturulan derin GRU ve LSTM ağları ise zaman dizisi verilerinin farklı zaman ölçeklerinde işlenebilmesini ve daha zengin zamansal öznitelikler kümesi elde edilmesini sağlamaktadır.

EKG sinyallerini kullanarak kardiyovasküler hastalıkların teşhisini gerçekleştirmek için literatürde önerilen teknikler, kendi kendini organize eden haritalar (SOM) [3], otoregresif modelleme [4], bulanık c-means kümeleme [5], çok katmanlı algılayıcılar (MLP) [6], RBF sinir ağları [7], destek vektör makineleri (DVM) [8] ve zaman serisi yenilik tespit teknikleridir [9]. Bu teknikler, ön işleme metotlarının uygulanmasını, zaman-frekans özniteliklerinin çıkarılmasını ve sınıflandırıcı tasarlanmasını gerektirmektedir. Ayrıca, bu tekniklerin gürbüz şekilde çalışmaları için çeşitli kardiyovasküler hastalıkların yol açtığı farklı EKG anomali türlerini içeren veri kümeleri ile eğitilmeleri gerekmektedir. Ancak, farklı EKG anomali türlerinin hepsi için etiketli veriler her zaman mevcut olmamaktadır. Bu nedenle, tekniğin eğitildiği veri kümesinde bulunmayan diğer anomali türlerini de tespit edebilen genelleme kabiliyeti yüksek bir anomali tespit tekniği geliştirilmesi hedeflenmelidir.

II. YÖNTEM

Bu çalışmada, sağlıklı deneklerden elde edilen EKG zaman dizilerinin normal davranışları yığılmış RNN, GRU ve LSTM ağlarıyla modellenerek, gürbüz kestirim modelleri geliştirilmiş ve

¹ İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü.

normal davranıştan sapmalar kestirim hataları ve Gauss tabanlı istatistiksel anomali tespit tekniği kullanılarak tespit edilmiştir. Böylece, EKG zaman dizilerindeki anomalilerin gürbüz tespitini gerçekleştirerek, KA'nın güvenilir teşhisini sağlayan bir teknik geliştirilmiştir.

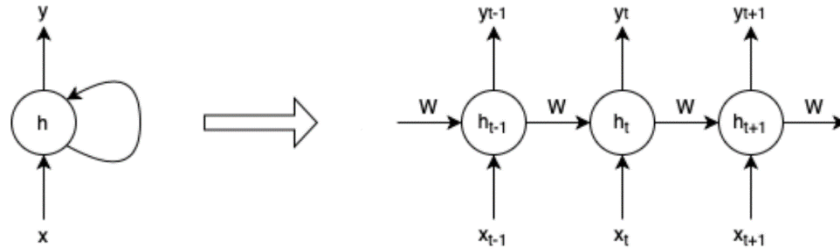
A. Veri Tabanı

Önerilen tekniğin geliştirilmesi sırasında, Boston Beth Israel Deaconess (BIH) Tıp Merkezi'ndeki ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'ndeki (MIT) laboratuvarların KA teşhisi çalışmalarını desteklemek amacıyla oluşturdukları MIT-BIH veri tabanı kullanılmıştır [10]. Veri tabanı, BIH Tıp Merkezi'nin KA Laboratuvarı tarafından incelenen 47 hastadan ve sağlıklı denekten kaydedilen ham EKG kayıtlarını içermektedir.

Sağlıklı deneklerden elde edilen kayıtlar Normal Sinüs Ritmi içeren normal EKG zaman dizilerinden oluşurken, hastalardan elde edilen kayıtlar Erken Ventriküler Kasılmalar, Atriyal Prematüre Kasılmalar ve Tempolu Vuruşlar içeren anormal EKG zaman dizilerinden oluşmaktadır. Veri tabanı, EKG verilerinde KA'nın yol açtığı indüklenmiş ritim değişikliklerini göstermesi nedeniyle, çeşitli KA tespit tekniklerinin geliştirilmesi ve başarımlarının değerlendirilmesi için oldukça uygun bir test ortamı sunmaktadır. Kayıtların sayısallaştırılması sırasında, yüksek çözünürlüğe sahip sinyallerin elde edilmesi için 360 Hz örnekleme frekansı ve 10 μV genlik çözünürlüğü kullanılmıştır. Veri tabanındaki tüm kayıtlar, KA'nın başlangıç ve bitiş zamanlarını göstermek üzere Kardiyoloji Anabilim Dalı uzmanları tarafından bağımsız olarak etiketlenmiştir.

B. Yinelemeli Sinir Ağı Mimarisi

Geleneksel RNN'ler, girdinin veya çıktının değişken uzunlukta olabildiği zamansal bağımlılıkları olan sıralı zaman dizileri içeren makine öğrenmesi problemlerinde kullanılmaktadır [11]. Her bir zamandaki aktivasyonu önceki zamanın aktivasyonuna bağlı olan yinelemeli gizli durumları nedeniyle, değişken uzunluktaki zaman dizilerini yüksek başarımla öğrenebilen geleneksel ileri beslemeli sinir ağlarının uzantısını oluşturmaktadır. RNN'lerin her yinelemeli katmanı Şekil 1'deki gibi zaman boyunca açılarak, aynı parametreleri paylaşan eşdeğer bir ileri beslemeli ağı dönüştürülebilir.



Şekil 1: RNN'nin yapısı [11].

Zaman dizisi girdisi $x = (x_1, x_2, \dots, x_T)$ için RNN yinelemeli gizli durumunu h_t aşağıdaki gibi güncellemektedir. Burada, \tanh hiperbolik tanjant fonksiyonunu, W_{hx} , W_{hh} , W_{yh} ağırlık

matrislerini, b_h , b_y önyargı vektörlerini ve ϕ doğrusal ağ çıkışı aktivasyon fonksiyonunu ifade etmektedir.

$$h_t = \tanh(W_{hx} x_t + W_{hh} h_{t-1} + b_h)$$

$$y_t = \phi(W_{yh} h_t + b_y)$$

RNN'in dezavantajı, geri yayılım sırasında katmanlar boyunca geriye doğru giderken gradyan değerlerinin azalmasından kaynaklanan kaybolan gradyan problemi nedeniyle bilgi kaybı olması ve uzun vadeli bağımlılıkları öğrenememesidir. Kaybolan gradyan problemine ve kısa dönemli hafızaya çözüm olarak, gizli durum bilgilerini uzun süre koruyabilen ve olaylar arasında uzun süreli gecikmeler olan verilerde yüksek başarımlı gösterebilen GRNN'ler önerilmiştir [11].

C. Geçitli Yinelemeli Ünite Ağı Mimarisi

GRU ağlarında, kaybolan gradyan problemini çözmek, gizli durum bilgilerini korumak ve verilerdeki uzun vadeli bağımlılıkları öğrenmek amacıyla bilgi akışını kontrol eden yapay sinir ağları olan geçit birimleri bulunmaktadır [12]. GRU ağlarına, önceki gizli durumunu h_{t-1} silmesini sağlayan sıfırlama geçidi r ve mevcut gizli durumunu yeni gizli durum \tilde{h}_t ile güncellemesini sağlayan güncelleme geçidi u olacak şekilde iki geçit eklenmiştir. Ağın eğitimi sırasında aşağıdaki denklemler yinelemeli olarak kullanılarak, ağın aktivasyonları hesaplanır ve girdi dizisinden çıktı dizisine $y = (y_1, y_2, \dots, y_T)$ haritalama gerçekleştirilir.

$$u_t = \sigma(W_{ux} x_t + W_{uh} h_{t-1} + b_u)$$

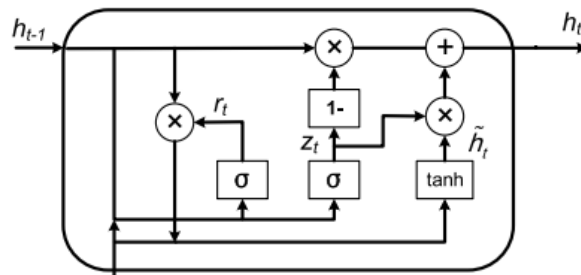
$$r_t = \sigma(W_{rx} x_t + W_{rh} h_{t-1} + b_r)$$

$$h_t = (1 - u_t) \odot h_{t-1} + u_t \odot \tilde{h}_t$$

$$\tilde{h}_t = \tanh(W_{hx} x_t + W_{hh} (r_t \odot h_{t-1}) + b_h)$$

$$y_t = \phi(W_{yh} h_t + b_y)$$

Burada, σ lojistik sigmoid fonksiyonunu, W_{ux} , W_{uh} , W_{rx} , W_{rh} , W_{hx} , W_{hh} , W_{yh} ağırlık matrislerini, b_u , b_r , b_h , b_y önyargı vektörlerini ifade etmektedir. \odot vektörlerin eleman bazında çarpımını ve ϕ doğrusal ağ çıkışı aktivasyon fonksiyonunu göstermektedir.



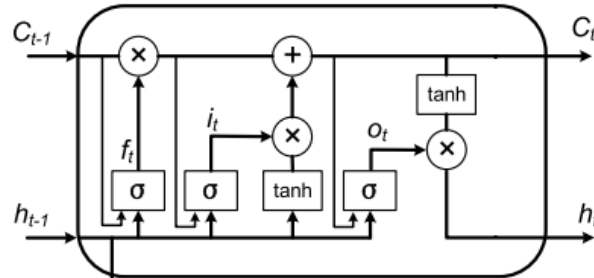
Şekil 2: İki çarpımsal geçitli GRU ağının yapısı [12].

D. Uzun Kısa Süreli Bellek Ağı Mimarisi

LSTM ağlarının temel birimi, yinelemeli bağlantılara sahip birden çok hücresi bulunan ve bilgiyi saklamak amacıyla kullanılan bellek hücreleridir (c) [13]. LSTM ağlarına, mevcut bellek durumunu yeni bellek durumu \tilde{c}_t ile güncellemesi için giriş geçidi i , önceki bellek durumunu c_{t-1} unutmaları için unutma geçidi f , mevcut bellek durumunu okuması için çıkış geçidi o olacak şekilde üç geçit eklenmiştir. Ayrıca, LSTM ağları gözetleme deliği bağlantılarını kullanarak, zaman aralıklarını hassas şekilde ölçmeyi öğrenebilmektedir. Ağın eğitimi sırasında aşağıdaki denklemler yinelemeli olarak kullanılarak, ağın aktivasyonları hesaplanır ve girdi dizisinden çıktı dizisine $y = (y_1, y_2, \dots, y_T)$ haritalama gerçekleştirilir.

$$\begin{aligned}
 i_t &= \sigma(W_{ix} x_t + W_{ih} h_{t-1} + W_{ic} c_{t-1} + b_i) \\
 f_t &= \sigma(W_{fx} x_t + W_{fh} h_{t-1} + W_{fc} c_{t-1} + b_f) \\
 o_t &= \sigma(W_{ox} x_t + W_{oh} h_{t-1} + W_{oc} c_{t-1} + b_o) \\
 c_t &= f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \tilde{c}_t \\
 \tilde{c}_t &= \tanh(W_{cx} x_t + W_{ch} h_{t-1} + b_c) \\
 h_t &= o_t \odot \tanh(c_t) \\
 y_t &= \phi(W_{yh} h_t + b_y)
 \end{aligned}$$

Burada, σ lojistik sigmoid fonksiyonunu, W_{ic} , W_{fc} , W_{oc} gözetleme deliği bağlantılarının köşegen ağırlık matrislerini ve b_i , b_f , b_o , b_c , b_y önyargı vektörlerini ifade etmektedir. \odot vektörlerin eleman bazında çarpımını, ϕ doğrusal ağ çıkışı aktivasyon fonksiyonunu göstermektedir.



Şekil 3: Üç çarpımsal geçitli LSTM ağının yapısı [13].

E. Geçitli Yinelemeli Sinir Ağlarının Eğitimi

Tek değişkenli $X = (x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(n)})$ zaman dizisindeki girdi değişkenlerini gösteren her $x^{(t)} \in R^m$ noktası t zamanındaki m -boyutlu vektör $(x_1^{(t)}, x_2^{(t)}, \dots, x_m^{(t)})$ olarak ifade edilen EKG kaydını temsil etmektedir. Geliştirilen derin RNN, GRU ve LSTM tabanlı kestirim modelleri, m -boyutlu girdi değişkenlerinin gelecekteki l değerlerinin kestirimlerini öğrenmektedir. Bu nedenle, m -boyutların her biri için modellerin giriş katmanında bir düğüm bulunmaktadır. Kestirimler m -boyutlu

girdi değişkenlerinin gelecekteki l değerleri için yapıldığından, modellerin çıktı katmanında $m \times l$ düğüm bulunmaktadır.

Geliştirilen modellerin eğitim, doğrulama ve test aşamalarında kullanılmak üzere tüm veri kümesi dört gruba ayrıştırılmıştır. Bu gruplar, sağlıklı deneklerden elde edilen normal EKG verilerini içeren eğitim kümesi (tr_N) ve doğrulama kümesi (val_N), sağlıklı deneklerden ve hastalardan elde edilen normal ve anormal EKG verilerini içeren doğrulama kümesi (val_A) ve test kümesidir (te_A).

Bir, iki ve üç yinelemeli gizli katmana ve her katmanda değişen sayıda düğümlere sahip derin RNN, GRU ve LSTM ağlarının tr_N eğitim kümesi kullanılarak eğitilmesi sonucunda, EKG zaman dizilerinin gelecekteki zaman adımlarının gürbüz kestirimini öğrenen modeller geliştirilmiştir. Erken durdurma yöntemi ve val_N doğrulama kümesi kullanılarak, geliştirilen ağların parametreleri en iyilenmiş ve en yüksek başarıma sahip modeller seçilmiştir [14, 15].

F. Anomali Tespit Tekniği

Geliştirilen en iyilenmiş derin RNN, GRU ve LSTM modelleri kullanılarak, val_A doğrulama kümesinin kestirimi gerçekleştirilmiş ve kestirim hataları hesaplanmıştır. Bu amaçla, girdi vektörünün $\mathbf{x}^{(t)} \in X$ tüm $l < t < n - l$ değerleri için l kez kestirimi gerçekleştirilmiştir. $e_i^{(t)}$ değerinin $\hat{\mathbf{x}}^{(t)}$ ile $\hat{\mathbf{x}}^{(t-i)}$ arasındaki hata farkını gösterdiği durumda, $\mathbf{x}^{(t)}$ için kestirim hatası vektörü $\mathbf{e}^{(t)} = [e_1^{(t)}, \dots, e_l^{(t)}]$ hesaplanmıştır.

Kestirim hatası vektörlerine Çok Değişkenli Gauss Dağılımları $N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$ uydurulmuş ve En Büyük Olabilirlik Kestirimi (MLE) yöntemi kullanılarak, en iyilenmiş $\boldsymbol{\mu}$ ve $\boldsymbol{\Sigma}$ parametrelerinin kestirimleri gerçekleştirilmiştir [16, 17].

val_A doğrulama kümesindeki normal ve anormal değerleri ayıran en iyilenmiş τ ayırım eşik değeri, F_1 -skorunun en büyüklenmesiyle belirlenmiş ve te_A test kümesindeki anomalilerin gürbüz tespitini sağlamak amacıyla kullanılmıştır [18].

Optimum derin RNN, GRU ve LSTM modelleri kullanılarak, test kümesinin kestirimi gerçekleştirilmiş ve kestirim hatası vektörlerine Çok Değişkenli Gauss Dağılımlarının uydurulması sonucunda elde edilen olasılık dağılımları $p^{(t)}$ ile en iyilenmiş eşik değer τ kullanılarak, test kümesindeki normal (N) ve anormal (A) değerlerin sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir [19].

$$\theta(\mathbf{x}) = \begin{cases} \mathbf{x}^{(t)} \in A; & p^{(t)} < \tau \\ \mathbf{x}^{(t)} \in N; & p^{(t)} \geq \tau \end{cases}$$

Geliştirilen tekniklerin normal ve anormal verileri ayırt etme başarımlarını ölçmek amacıyla F_1 -skoru, pozitif tahmin değeri (PPV), isabet oranı (TPR) ve yanlış alarm oranı (FPR) aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$F_1 = 2 \frac{PPV \cdot TPR}{PPV + TPR}$$

$$PPV = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN}$$

III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Geliştirilen derin RNN, GRU ve LSTM ağları ve Gauss tabanlı istatistiksel anomali tespit teknikleri kullanılarak, test kümesi üzerinde elde edilen başarımlar Tablo 1, 2 ve 3'de gösterilmiştir. Her bir tablo, iki gizli katmana ve her katmanda 20 düğüme sahip en iyilenmiş derin RNN, GRU, LSTM ağları ve üç farklı EKG anomali türü için bağımsız olarak hesaplanan başarımlarını göstermektedir. Geliştirilen tekniklerin test kümesi üzerinde elde edilen başarımlarının ve farklı çeşitlilikte EKG anomali türlerine genelleme kabiliyetlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Ayrıca, derin GRU ve LSTM ağlarının her üç EKG anomali türü için derin RNN ağlarına kıyasla daha yüksek başarımlara sahip oldukları görülmektedir. Geliştirilen tekniklerin anomali tespitinin en zor olduğu anomali türünde bile yüksek başarımlar gösterdikleri görülmektedir.

Tablo 1 – Derin RNN Tabanlı İstatistiksel Anomali Tespit Tekniği Başarımları (%)

Başarımlar Ölçütleri	RNN _{EV}	RNN _{AP}	RNN _{TV}
PPV	70.7	74.2	75.4
TPR	66.1	71.8	73.1
FPR	28.3	25	23.2
F_1	68.3	73	74.2

Tablo 2 – Derin GRU Tabanlı İstatistiksel Anomali Tespit Tekniği Başarımları (%)

Başarımlar Ölçütleri	GRU _{EV}	GRU _{AP}	GRU _{TV}
PPV	83.3	85.7	88.9
TPR	81.5	84.1	87.4
FPR	16.7	14.1	10.7
F_1	82.4	84.9	88.2

Tablo 3 – Derin LSTM Tabanlı İstatistiksel Anomali Tespit Tekniğı Başarım Sonuçları (%)

Başarım Ölçütleri	LSTM _{EV}	LSTM _{AP}	LSTM _{TV}
<i>PPV</i>	84.5	88.9	90.2
<i>TPR</i>	83.8	87.4	88.5
<i>FPR</i>	14.9	10.7	9.1
<i>F₁</i>	84.2	88.2	89.3

Bu çalışmada, derin GRNN'lerin kaybolan gradyan probleminin üstesinden gelme yetenekleri sayesinde uzun vadeli bağımlılıklar içeren EKG zaman dizisi verilerinde anomali tespiti konusunda derin RNN'lere kıyasla daha yüksek başarıma ve genelleme kabiliyetine sahip oldukları gösterilmiştir. Ayrıca, yığılmış yinelemeli gizli katmanlara sahip derin LSTM ağı ve Gauss tabanlı istatistiksel anomali tespit tekniğinin PTB-EKG veri tabanı üzerinde en yüksek başarıma ve genelleme kabiliyetine sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle, geliştirilen tekniğın EKG zaman dizilerindeki üst seviye zamansal öznitelikleri veriyle ilgili ön bilgi sahibi olmadan daha seyrek temsillerle öğrenebildiğı ve normal zaman dizisi davranışlarını gürbüz şekilde modelleyebildiğı gösterilmiştir.

Literatürde önerilen EKG anomali tespit teknikleriyle kıyaslandığında, bu çalışmada geliştirilen derin öğrenme tabanlı istatistiksel anomali tespit tekniğinin daha yüksek başarıma ve genelleme kabiliyetine sahip olduğu görülmektedir [20]. Geliştirilen tekniğın diğeri avantajları, doğrudan ham sinyaller üzerinde çalışması, veri ön işleme, öznitelik çıkarımı ve anomaliler hakkında ön bilgi gerektirmemesidir. Sonuç olarak, geliştirilen teknik, EKG zaman dizilerindeki anomalilerin gürbüz tespitini gerçekleştirerek, kardiyovasküler hastalıkların güvenilir teşhisini sağlamaktadır.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma, Bilkent Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliğı Bölümü tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Ajadi, J. O., & Riaz, M. (2017). Mixed multivariate EWMA-CUSUM control charts for an improved process monitoring. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 46(14), 6980-6993.
- [2] Khan, A., & Sarfaraz, A. (2019). RNN-LSTM-GRU based language transformation. *Soft Computing*, 23(24), 13007-13024.
- [3] Lee, M., Song, T. G., & Lee, J. H. (2020). Heartbeat classification using local transform pattern feature and hybrid neural fuzzy-logic system based on self-organizing map. *Biomedical Signal Processing and Control*, 57, 101690.
- [4] Zhang, Y., Liu, B., Ji, X., & Huang, D. (2017). Classification of EEG signals based on autoregressive model and wavelet packet decomposition. *Neural Processing Letters*, 45(2), 365-378.
- [5] Askari, S. (2021). Fuzzy C-Means clustering algorithm for data with unequal cluster sizes and contaminated with noise and outliers: Review and development. *Expert Systems with Applications*, 165, 113856.
- [6] Terzi, M. B., & Arıkan, O. (2020). Detection of Myocardial Ischaemia by using ECG, Artificial Neural Network and Gaussian Mixture Model. In *2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Gaziantep, Turkey* (pp. 1-4).
- [7] Korürek, M., & Doğan, B. (2010). ECG beat classification using particle swarm optimization and radial basis function neural network. *Expert systems with Applications*, 37(12), 7563-7569.
- [8] Terzi, M. B., & Arıkan, O. (2019, October). Coronary Artery Disease Detection by using Support Vector Machines and Gaussian Mixture Model. In *2019 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). IEEE.
- [9] Terzi, M. B., & Arıkan, O. (2020, October). Anomaly Detection Technique Based on Sympathetic Nerve Activity for Detection of Cardiac Arrhythmia. In *2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.
- [10] Moody, G. B., & Mark, R. G. (2001). The impact of the MIT-BIH arrhythmia database. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 20(3), 45-50.
- [11] Singh, S., Pandey, S. K., Pawar, U., & Janghel, R. R. (2018). Classification of ECG arrhythmia using recurrent neural networks. *Procedia computer science*, 132, 1290-1297.
- [12] Shen, G., Tan, Q., Zhang, H., Zeng, P., & Xu, J. (2018). Deep learning with gated recurrent unit networks for financial sequence predictions. *Procedia computer science*, 131, 895-903.
- [13] Gers, F. A., Schraudolph, N. N., & Schmidhuber, J. (2002). Learning precise timing with LSTM recurrent networks. *Journal of machine learning research*, 3(Aug), 115-143.
- [14] Terzi, M. B., Korkmaz, M. K., Arıkan, O., Topal, S., & Abacı, A. (2019). Detection of Myocardial Ischaemia based on Artificial Neural Networks and Skin Sympathetic Nerve Activity. *EasyChair*, (2165).
- [15] Terzi, M. B., Korkmaz, M. K., Arıkan, O., Topal, S., & Abacı, A. (2019). Detection of Acute Myocardial Ischemia based on Artificial Neural Networks and Skin Sympathetic Nerve Activity. In *International Conference and Exhibition on Digital Transformation and Smart Systems (DTSS), Ankara* (pp. 1-4).
- [16] M. B. Terzi and O. Arıkan, "Detection of Ischaemia by using Nerve Activity, Artificial Neural Network and Gaussian Mixture Model", *18th National Neuroscience Congress (USK2020)*, Ankara, Turkey, 2020. <http://bad.org.tr/usk18/wp-content/uploads/2020/11/USK2020-bildiri-kitab%C4%B1.pdf>

- [17] Terzi, M. B., & Arıkan, O. (2020). Detection of myocardial ischaemia by using sympathetic nerve activity, artificial neural network and Gaussian mixture model. *Anatomy: International Journal of Experimental & Clinical Anatomy*, 14.
- [18] Terzi, M. B. (2020, November). Detection of Myocardial Infarction using Autonomic Nervous System, Gaussian Mixture Model and Artificial Neural Network. In *2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). IEEE.
- [19] M. B. TERZİ and O. ARIKAN, "Detection of Cardiac Arrhythmia using Autonomic Nervous System, Gaussian Mixture Model and Artificial Neural Network," *2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO)*, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/TIPTEKNO50054.2020.9299274.
- [20] Ebrahimi, Z., Loni, M., Daneshtalab, M., & Gharehbaghi, A. (2020). A review on deep learning methods for ECG arrhythmia classification. *Expert Systems with Applications: X*, 7, 100033.

Tarımsal Ürün Temizleme ve Depolama İşletmesinde Güneş Enerji Sisteminin Uygulanması ve Ekonomik Analizi

Nuri ORHAN¹

Seda ŞAHİN²

Giriş

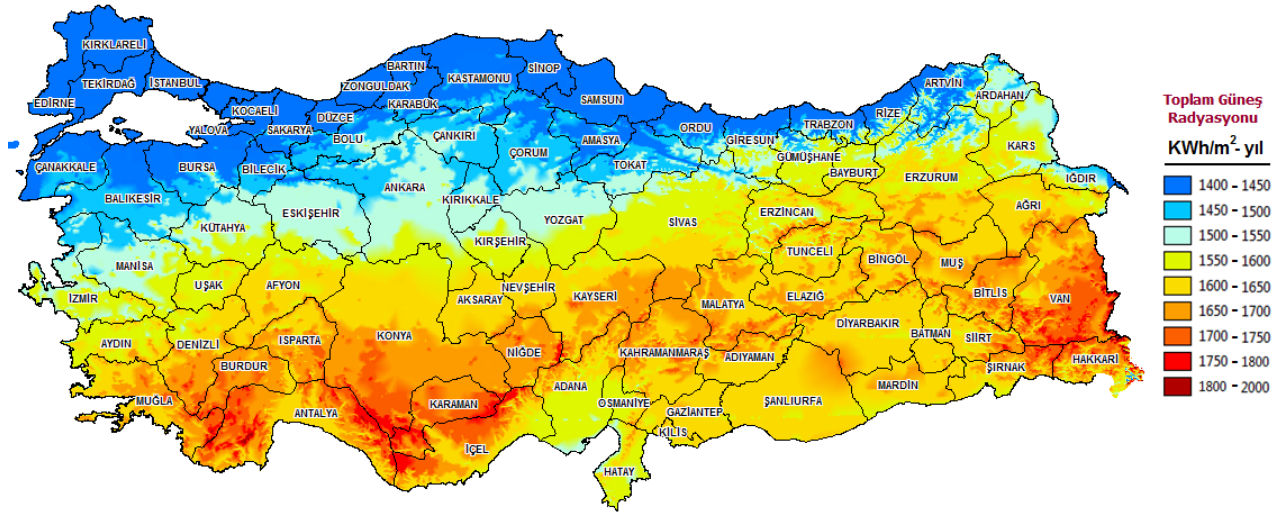
Tarımsal üretimde yaş meyve- sebze sektörü, ürünlerin toprak hazırlığı, ekim ve hasat işlemlerinden sonra, üzerinde herhangi bir ikincil işlem yapılmadan tüketiciye ulaştırılması amacıyla faaliyet gösteren, çiftçi, komisyoncu, toptancı ve perakendeciden oluşan bir yapıdır. Türkiye, farklı iklim bölgeleri nedeniyle her bölgesinde meyve-sebze yetiştirme imkanına sahiptir. Yaş meyve-sebze sektöründe dünyada önde gelen ülkelerden biri olan Türkiye, üretim miktarı bakımından ilk beş ülke arasında yer almaktadır. Havuç, sebze üretiminde önemli bir yere sahip olup belli alanlarda fazla miktarlarda üretilip tüketilen bir sebzedir. Türkiye, 2019 yılı itibarıyla 125.772 da havuç ekim alanına sahip olup, ilk üç sırada Konya (%52,77), Ankara (%21,61) ve Hatay (%17,5) yer almaktadır. Bu üç il Türkiye havuç ekim alanının %92'sini oluşturmaktadır. Üretim miktarı bakımından ise Türkiye'de 2019 yılında üretilen 663.882 ton havucun %64'ü Konya'da, %23'ü Ankara'da, %9'u Hatay'da ve %4'ü diğer illerde üretilmektedir (Anonim, 2021a). Ürünler hasat sonrası pazara sunulmadan önce yıkanarak tasniflenmekte ve paketlenmektedir. Ürünler hasat sonrası temizlenmeden muhafaza edilmesi durumunda kasalara konularak soğuk hava depolarına yerleştirilmektedir. Depolama işlemi, ürünün daha sonra tüketilmek, işlenmek ya da pazarlanmak üzere kalitesini koruyacak koşullarda bekletilmesi işlemidir. Havuç 0 °C ve %90-95 nemde 4-6 ay süreyle depolanabilir (Anonim, 2021a).

Birçok üretim alanında soğuk zincir, üretimin vazgeçilmez unsurlarındandır. Soğuk zincir, gıda maddelerinin üretimden tüketimine kadar geçen süre içinde doğal nitelikleri korumak amacıyla soğuk ya da donmuş ortamda depolanması, tüketim merkezlerine soğutmalı araçlarla taşınması, satılacakları zamana kadar yine soğuk depolarda muhafazası ve satın alındıktan sonra tüketim alanına kadar soğuk ortamda koruma aşamalarından oluşan soğuk uygulamalara verilen isimdir (Anonim, 2021a). Soğuk hava depolarında ürünleri muhafaza eden işletmeler için en önemli girdileri enerji maliyetleridir. Bu enerji maliyetlerinin en başında da elektrik enerjisi gelmektedir. Enerji ihtiyacının maliyetini minimum indirmek tarımsal işletmelerin maliyetlerinin düşmesine kar payının artmasına katkı sağlayacaktır (Eker & Vardar, 2004). Tarımsal üretim faaliyetleri içerisinde enerji tüketimi yüksek başlıca işlemler; tarımsal sulama, kurutma, sera ve hayvan barınaklarının ısıtma ve soğutulması ile süt sağım üniteleridir (Güler, 2014). Çiftliklerimiz enerji tüketimi fazla olan tarımsal üretim işlemlerini yerine getirebilmek için yenilenebilir enerji kaynakları olan biyoyakıt, güneş ve rüzgar enerjisinden destek almakta veya tamamını bu kaynaklardan sağlamaktadır. Bu yenilenebilir

¹ Unvan, Üniversite, Bölüm, Orcid: Dr. Selçuk Üniversitesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 0000-0002-9987-1695

² Unvan, Üniversite, Bölüm, Orcid: Dr. Selçuk Üniversitesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 0000-0003-1743-9530

enerji kaynaklarının temel amacı temiz ve sürdürülebilir çevreye sahip olmak ve gelecek yıllara yaşanabilir bir ortam bırakmaktır (Karaağaç, Oğul, & Bardak, 2020). Bölgesel koşullar tarım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik kullanımını ve uygulama yöntemini etkiler (H. Öztürk, Yaşar, & Eren, 2010). Güneş enerji sistemleri için yıllık ortalama güneşlenme süresi ve coğrafi konumu bakımından en ideal yerlerden biri Türkiye'dir diyebiliriz (Karaağaç et al., 2020). Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneş ışınım şiddeti $1527.4 \text{ kWh m}^{-2}$, günde yaklaşık 7.5 saat güneşlenme süresini hesaba katarsak yıllık güneşlenme süresi ortalama 2724 saattir. Bir diğer ifadeyle günlük 4.24 kWh m^{-2} enerji üretimi gerçekleştirilebilir. Türkiye güneş panelleri sistemi ile gerçekleştirebileceği ortalama elektrik üretim potansiyeli 600 bin MW gibi çok yüksek bir değerdir (Aksungur, Kurban, & Filik, 2013). Türkiye'nin 2021 yılı Ağustos ayı itibarıyla elektrik enerjisi toplam kurulu gücünün yaklaşık 98 bin MW olup, toplam kurulu gücün üretim alanlarına göre dağılımı %31.9 hidrolik, %25.9 doğal gaz, %11.5 ithal kömür, %10.2 rüzgar, %9.1 ithal kömür, %7.5 güneş, %1.8 biyokütle ve %1.7 jeotermal enerjidir (Hakyemez, 2021). Türkiye'nin güneş enerji potansiyel haritası Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu haritaya göre 1 m^2 yüzey alanına gelen yıllık ortalama güneş radyasyon miktarı güneye gidildikçe artmaktadır. Türkiye global radyasyon değerleri günlük en fazla 6570 kWh m^{-2} ile haziran ayında, 11.31 saat ile en yüksek güneşlenme süresi ise temmuz ayında gerçekleşmektedir (Anonim, 2021b).



Şekil 1. Türkiye güneş radyasyon haritası (Anonim, 2021b)

Günümüzde enerji maliyetinin yükselmesi, çiftçilerimizin ve besicilerimizin gelirlerinin önemli bir bölümünü elektrik faturalarına ayırmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada, artan bu elektrik ihtiyacını karşılamak için Konya'da havuç temizleme ve depolama işletmesinde güneş enerjisinin uygulanabilirliği ve işletmeye ekonomik getirisinin hesaplanması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Güneş Panel Tesis Tasarım

Çalışmada ele alınan özel havuç temizleme ve depolama işletmesi Konya İli, Meram İlçesi, Kaşınhanı Mahallesinde yer almaktadır. İşletme 8500 m^2 alana sahiptir. Havuç hasat işlemi sonrası

işletmeye getirilen ürünler soğuk hava deposuna yerleştirilmekte ve dönemsel olarak temizleme ve paketleme işlemi yapılmaktadır. Temizleme ve paketleme işlemi yılın 12 ayı gerçekleşmektedir. İşletmede bulunan 4 adet soğuk hava deposuna yerleştirilmiş havuçlar talep doğrultusunda çıkarılarak temizleme ve paketleme gerçekleştirilerek sevk edilmektedir. Soğuk hava depolarının toplam kapasitesi 1200 ton'dur. İşletme günde 15-20 ton havuç temizleme kapasitesine sahiptir. Güneş panel sistemi için işletmenin temel elektriksel yükleri belirlenmiştir (Çizelge 1). İşletmenin günlük enerji ihtiyacı 4182 kWh, aylık ise 125460 kWh olarak tespit edilmiştir. İşletmenin bir yıllık geriye dönük fatura edilmiş aylık ortalama tüketim değeri 124345 kWh'dır.

İşletme sahibi şebekeye bağlı (of grid) PV sistem tercih etmiştir. Yani üretmiş olduğu elektriği işletme içerisinde kullanıp, fazla enerjiye ihtiyaç olması halinde şebekeden karşılamaktadır. Üretilen elektrik enerjisinin fazla olan kısmı şebekeye verilmektedir. Daha sonra aylık olarak ilgili elektrik dağıtım şirketi ile mahsuplaşmaya gitmektedir.

Çizelge 1. İşletmenin Temel Elektriksel Yükleri

Elektriksel yükler	Gücü (kW)	Günlük ortalama çalışma süresi (saat)	Toplam enerji miktarı (kWh gün ⁻¹)
Dalgıç pompa (1 adet)	36.6	5	183
Soğuk hava deposu (4 adet)	36.6	24	3514
Yıkama bandı motorları (5 adet)	3	5	75
Elek motorları (5 adet)	2	5	50
Diğer (aydınlatma, TV vb)	30	12	360
Toplam	238		4182

İşletmede kullanılan güneş paneline ait teknik özellikler Çizelge 2'de verilmiştir. Konya ilinin güneş ışınım şiddetinin aylara göre değişimi ve ortalama güneşlenme süreleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. Bir adet güneş paneline ait etiket değerleri

Model No	CWT450-144PMHCMB
Maksimum güç (Wp)	330
Maksimum güçte voltaj (V)	33.8
Maksimum güçte akım (A)	9.78
Açık devre gerilimi (V)	41.21
Kapalı devre akımı (A)	10.21

Çizelge 3. Konya ili için radyasyon değerlerinin ve ortalama güneşlenme sürelerinin aylara göre değişimi (Anonim, 2021b)

Aylar	Radyasyon değerleri (kWh m ⁻² -gün ⁻¹)	Güneşlenme süresi (saat)
Ocak	1.98	4.19
Şubat	2.56	5.51
Mart	4.23	6.88
Nisan	5.20	8.03
Mayıs	6.30	9.46
Haziran	6.78	11.28
Temmuz	6.81	11.97
Ağustos	6.05	11.36
Eylül	5.12	9.79
Ekim	3.73	7.35
Kasım	2.36	5.53
Aralık	1.77	3.93

Konya ilinde en düşük güneş ışınım şiddeti ve güneşleme süresi Aralık ayında en yüksek ise Temmuz ayında görülmektedir (Çizelge 3). İşletmede kurulu olan güneş enerji santrallerinin 2021 Ağustos kur bilgilerine göre ekipmanların maliyetleri Çizelge 4’te verilmiştir. Çizelgeyi incelediğimizde en fazla maliyetin güneş panellerine ait olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. Güneş santral sisteminin kurulum maliyeti

GES sistem ekipmanları	Birim	Birim fiyatı (TL)	Toplam maliyeti (TL)
Güneş Paneli	480 adet	1350	648.000
İnvertör	2 adet	50.000	100.000
Konstrüksiyon	-	-	30.200
Kablolama	5000 m	9	50.000
Diğer (işçilik, ulaşım vb.)	-	-	15.000
Toplam			843.200

Panel Verim Ölçümü

Güneş panellerinin verim değeri hesaplamak için işletmenin kurulu olduğu yerde, 09.11.2021 tarihinde 14:00 yerel saatinde; 25°C hava sıcaklığı, 1,1 m s⁻¹ rüzgar hızında ve 750 W m⁻² ışımaya gücü şartlarında ölçümler alınmıştır. Paneller çatıya 10° eğim ile yerleştirilmiştir. Ölçümlerde kullanılan cihazlara ait teknik özellikler Çizelge 5’te verilmiştir.

Paneller tarafından üretilen elektriksel güç, açık devre akım ve kısa devre gerilim değerlerine bağlı olarak Eşitlik 1’e göre hesaplanmıştır (H. H. Öztürk, Küçükerdem, & Gökalp, 2016).

$$PPV = I_{oc} \times V_{sc} \quad (1)$$

PPV : PV sistem tarafından üretilen elektriksel güç miktarı (W)

I_{oc} : açık devre akım değeri (A) ve

V_{sc} : kısa devre gerilim değeridir (V).

PV sistemin verimi (η_{pv}), Eşitlik 1’de verilen denkleme göre hesaplanmıştır. Burada verim, sistem tarafından üretilen elektrik miktarının (P_{pv}), panellerin yüzey alanına gelen güneş enerjisi miktarına oranıdır. (H. H. Öztürk et al., 2016).

$$\eta_{PV} = \frac{P_{PV}}{I_t \times A_{PV}} \quad (2)$$

A_{PV} : PV yüzey alanı (m^2)

I_t : Toplam güneş ışınımı (Wm^{-2})

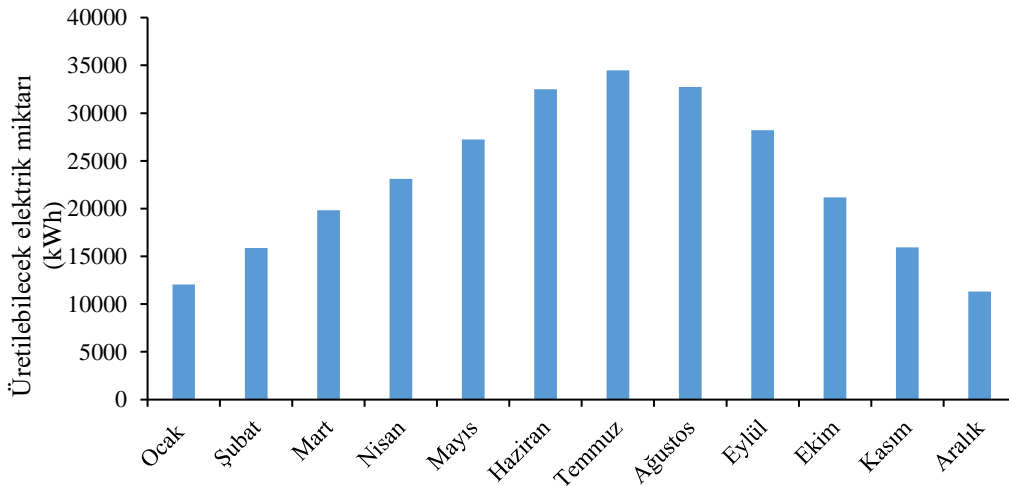
P_{PV} : PV sistemin gücü (W)

η_{PV} : PV sistem verimidir (%)

Sonuç ve Tartışma

Güneş Enerji Sisteminin Elektrik Üretimi

İşletmenin çatısına kurulan güneş enerji sisteminin aylara göre üretilecek elektrik hesaplamaları Eşitlik 1 ve 2 ye göre bir panele ait verim değerlerinden ve bölgenin güneşlenme süresinden yola çıkılarak hesaplama yapılmıştır. Saha ölçümleri sırasında bir panelden ölçülen açık devre akım değeri 4.5 A, kısa devre gerilim değeri 38.4 V ve panel yüzey sıcaklığı 33 °C olarak ölçülmüştür. Bir adet panelden alınan elektrik enerjisi 172.8 W ve verim değeri %12.5 olarak hesaplanmıştır. İşletmenin kurulu olduğu bölgenin aylık güneşlenme süresi dikkate alındığında güneş enerji sisteminin üreteceği elektrik değerleri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. İşletmenin üretebileceği elektrik miktarı

İşletmenin en fazla enerji üretimi temmuz ayında gerçekleşmiştir. İşletmenin güneş enerji sisteminden 1 yıl boyunca ortalama aylık enerji üretim değeri 22867 kWh olarak gerçekleşmesi beklenmektedir.

İşletmenin Elektrik Üretim ve Tüketim Değerlerine Ait Maliyet Analizi

Sistemin toplam maliyeti 843.200 TL'dir. Yatırım maliyetinin %76'sını PV paneller oluşturmaktadır. Panellerin Watt başına maliyeti 4.09 TL, sistem maliyeti ise 5.32 TL'dir. İşletmenin aylık ortalama 125460 kWh elektrik tüketim değeri maliyeti (elektrik birim fiyatı 0.78 TL/kWh) 97.858 TL'dir. İşletmenin yıllık ortalama elektrik tüketimi 1 505 520 kWh maliyeti ise 1.174.305 TL'dir. PV sisteminin aylık elektrik üretim miktarı ortalama 22867 kWh, yıllık üretimi ise ortalama 274404 kWh olmaktadır. İşletmenin yıllık ortalama şebekeden çekeceği elektrik 1231116 kWh'a düşmektedir. Bu durumda işletme yıllık elektrik tüketiminden 274404 kWh, fiyat olarak ise 214.035 TL kazancı olacaktır.

Güneş panellerinin ekonomik ömürlerini genellikle 20-25 yıl arasındadır (Ondraczek, 2014). Yapılan araştırmalar, PV sistem ekonomik ömrünün 40 yıla, kristal silikon teknolojisinde 50 yıla kadar yükselebileceğini göstermektedir (Bazilian et al., 2013). Bu çalışma için güneş panellerinin ekonomik ömrü 25 yıl varsayılmıştır (Akyüz, Bayraktar, & Oktay, 2009). Güneş panellerinde her yıl %0.30'lük verim düşüşü gözlemlenir ve üretim değeri yıldan yıla düşer (Taktak & Mehmet, 2018). Bu bağlamda güneş enerji sisteminin kendini amorti etmesi 4.1 yıl olarak hesaplanmıştır. Karaağaç et al. (2020) tavuk çiftliği için yaptıkları çalışmada çatı tipi güneş enerji sisteminin kendini amorti süresini 6.2 yıl olarak bildirmişlerdir. Atakul, Ali Kalender, Gezici, and Eliçin (2015) yaptıkları çalışmalarında 250 kWp gücüne sahip güneş enerjisi santralının 6 yılda kendini amorti edeceğini açıklamışlardır. Güneş enerji sisteminin kendini amorti etme süresinin diğer çalışmalardan düşük çıkmasında kullanılan panelin gücü, bölgesel iklim şartları ve üreteceği elektrik enerjisini önce kendi içerisinde kullanacak olması etkili olmuştur.

Sonuç ve Öneriler

Büyük bir yenilenebilir enerji potansiyeline sahip olan Türkiye'de özellikle güneş enerjisi kullanımının yaygın hale getirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda temizleme ve sınıflandırma tesisleri çatı güneş enerjisi sisteminin kolaylıkla uygulanabileceği tesislerdir. Bu işletmelerde girdi maliyetlerinin önemli bir kısmını elektrik enerjisi oluşturmaktadır. Bu çalışmada, artan elektrik ihtiyacını karşılamak için Konya'da, orta ölçekli bir havuç temizleme tesisinde güneş enerjisinin uygulanabilirliği ve işletmeye getirisinin hesaplanması amaçlanmıştır.

İşletmenin çatısına kurulan güneş enerji sisteminin toplam maliyeti 843.200 TL'dir. İşletmenin aylık ortalama elektriksel yükü 125460 kWh olarak belirlenmiştir. Bu elektriksel yükün %84 ünü soğuk hava depoları oluşturmaktadır. İşletmenin aylık ortalama elektrik maliyeti 97.858 TL, yıllık ise 1.174.305 TL hesaplanmıştır. Güneş enerji sisteminin aylık elektrik üretim miktarı 22867 kWh, yıllık üretimi ise ortalama 274404 kWh hesaplanmıştır. İşletmenin yıllık ortalama şebekeden çekeceği elektrik 1231116 kWh'a düşmektedir. Bu durumda işletmenin yıllık elektrik tüketiminde 274404 kWh azalma olacaktır. Başka bir ifade ile elektrik girdi maliyetinde yılda ortalama 214.035 TL azalma olacaktır. Güneş enerji sistemi ürettiği elektriği kendi içerisinde

kullanacağı için batarya ücreti ve yenileme gibi sorunu olmayacaktır. Bu durumda sistemin kendini amorti süresi yaklaşık 4.1 yıl olarak hesaplanmıştır.

Tarımsal ürün temizleme, sınıflandırma ve depolama işletmeleri için elektrik enerjisi ihtiyacının tamamını veya belli oranını güneş enerji sistemleri ile karşılamak işletmelerin maliyetini ciddi oranda azaltacaktır. Aynı zamanda tüketiciler için uygun alım fiyatlarının oluşmasına imkan sağlayacaktır. Özellikle tarımsal alanlarda faaliyet gösteren işletmeleri yenilenebilir enerji kullanıma teşvik etmek, gerekli destekleri arttırmak tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği için önemli olacaktır.

Kaynaklar

- Aksungur, K. M., Kurban, M., & Filik, Ü. (2013). Türkiye'nin Farklı Bölgelerindeki Güneş Işınım Verilerinin Analizi ve Değerlendirilmesi. *Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*.
- Akyüz, E., Bayraktar, M., & Oktay, Z. (2009). Hibrid yenilenebilir enerji sistemlerinin endüstriyel tavukçuluk sektörü için ekonomik açıdan değerlendirilmesi: Bir uygulama. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 44-54.
- Anonim. (2021a). *Ankara İli Havuç İşleme, Paketleme ve Depolama Tesisi/Ön Fizibilite Raporu*. Ankara Kalkınma Ajansı.
- Anonim. (2021b). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. www.eic.gov.tr (erişim tarihi: 25.09.2021).
- Atakul, Ş., Ali Kalender, M., Gezici, M., & Eliçin, A. K. (2015). Güneş Tarlası Kurulumu. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(1), 55-60.
- Bazilian, M., Onyeji, I., Liebreich, M., MacGill, I., Chase, J., Shah, J., . . . Zhengrong, S. (2013). Re-considering the economics of photovoltaic power. *Renewable Energy*, 53, 329-338.
- Eker, B., & Vardar, A. (2004). Küçük Rüzgar Türbinlerinin Tarımsal İşletmelerde Kullanılabilme Olanakları. *V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, 26-28.
- Güler, S. (2014). *Orta ölçekli hayvancılık işletmelerinde yenilenebilir enerji kullanım olanakları ve örnek bir uygulama*. Namık Kemal Üniversitesi,
- Hakyemez, C. (2021). Aylık Enerji Bülteni. Retrieved from <https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-bulteni-agustos-2021.pdf>
- Karaağaç, M. O., Oğul, H., & Bardak, S. (2020). Kanatlı hayvan çiftliği için güneş enerji sisteminin tasarımı ve maliyet hesabı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 711-722.
- Ondraczek, J. (2014). Are we there yet? Improving solar PV economics and power planning in developing countries: The case of Kenya. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 604-615.
- Öztürk, H., Yaşar, B., & Eren, Ö. (2010). Tarımda enerji kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynakları. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı*, 909-932.
- Öztürk, H. H., Küçükerdem, K., & Gökalp, Y. (2016). *Tarımsal Sulamada Güneş Enerjisi Kullanımı Üzerine Bir Araştırma*. Paper presented at the International Multidisciplinary Congress of Eurasia, Odessa, Ukrayna.
- Taktak, F., & Mehmet, I. (2018). Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği. *Geomatik*, 3(1), 1-21.

Comprehensive Mining and Characterization of CRISPR-Cas System in *Veillonella* spp.

Özge KAHRAMAN ILIKKAN¹

Introduction

Veillonella is a gram-negative diplococci, small, strictly anaerobic bacteria that lack flagella, spores, and capsules (Mashima et al., 2016). *Veillonella* spp. has been isolated from the oral cavity and intestinal tract of humans and are known to grow on lactate, pyruvate, malate or fumarate (Mashima et al., 2016). That bacteria fermentates lactate into propionate and acetate has been associated with marathon running athletes and has made bacteria favorable for improving athlete performance. For example, *Veillonella atypica* gavage approach has been shown to improve treadmill run time in mice. Up to date, only *Veillonella atypica* genome has been comprehensively analyzed and CRISPR systems have been revealed (Han et al., 2020).

Bacteria and archaea constitute an adaptive defense system against phage or plasmid attacks and is called Clustered regularly interspaced short palindromic repeats (CRISPR) and CRISPR-associated (Cas) genes (Makarova et al., 2011; Ramachandran & Bikard, 2019). CRISPR system contains two classes (Class 1 and Class 2), 6 Types (I-VI), and 34 subtypes (Kahraman Ilikkan, 2021; Makarova et al., 2018). This clustering has been created according to the composition of Cas genes, repeat sequences, and crRNA-effector complex (Alkhnabashi et al., 2020). CRISPR loci include CRISPR array which direct repeats and spacer sequences in a (Lopatina et al., 2019). CRISPR repeats are conserved short sequences in length 20 to 40 bases and separated by unique sequences called spacers. Spacer sequences are acquired from either an invading plasmid or bacteriophages and incorporated into the CRISPR array of the bacteria or archaea (Lopatina et al., 2019). Thus, spacer sequences give a clue about interactions of bacteria in their ecosystems.

cas1 is a gene in CRISPR biology that presents universally in most CRISPR-Cas systems and plays a role in adaptation step (Crawley et al., 2018). However, *cas2* was the most conserved gene among all cas genes. Nevertheless, *cas2* has less amino acid sequence to compare. Therefore, this research intended to investigate all *Veillonella* spp. genomes and compare their both Cas1 and Cas2 enzymes.

Material and Method

Complete genome sequences

11 whole-genome and 29 draft genome sequences of *Veillonella* spp. strains published up to date in NCBI (National Center for Biotechnology Information Genome Bank) were used for the analyses (Sayers et al., 2020)

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Başkent Üniversitesi, Gıda Kalite Kontrol ve Analizi Programı, Orcid: 0000-0001-5843-6868

CRISPR/Cas system identification and obtaining spacer sequences

CRISPR/Cas systems, spacers, and repeats sequences were identified with CRISPR-Cas++ and CRISPRDetect tools (Biswas et al., 2016; Grissa et al., 2007). CRISPR Recognition Tool (CRT) v1.0 was used to confirm repeats swiftly (Bland et al., 2007). Spacer sequences were downloaded from CRISPR-Cas++ tool. The heatmap of CRISPR systems of bacteria was constructed with Rstudio, pheatmap package (Kolde, 2019).

Spacer analyses

Spacers belonging to a bacteriophage or plasmid were analyzed with the CRISPRTarget tool (http://crispr.otago.ac.nz/CRISPRTarget/crispr_analysis.html). Spacers, which are more than 6, were used as a query to search against the phage or plasmid database by giving a cut-off score of 20. Exhibiting a maximum of two mismatches was considered as a parameter for a strong match (Yang et al., 2020).

The phylogenetic analysis of the Cas1 and Cas2 proteins

Cas1 and Cas2 amino acid sequences were obtained from NCBI. All Cas1 and Cas2 amino acid sequences were aligned by the ClustalW alignment algorithm with the MEGA X tool and the UPGMA tree was constructed by using bootstrap method 500 replicates in Geneious Prime 2020.1 software (Kearse et al., 2012).

Results

CRISPR/Cas systems

CRISPR/Cas system of 40 *Veillonella* spp. strains were analyzed (Table 1). 21 strains had type III-A, 10 strains had II-A, 5 strains had II-C, 4 strains had I-B, 4 strains had III-D, 2 strains had I-C, and 1 strains had I-F (Table 2, Figure 1). Repeat sequences were presented in Table 2.

Spacer target analyses

Spacer analysis revealed phage invaders of strains; namely, Proteus phage PM 85, Proteus phage PM 93, Clostridium phage PhiS63, Clostridium phage PhiS63, Clostridium phage PhiS63, Bacillus phage Grass, Escherichia phage pro147, Campylobacter phage CPt10, Thermoanaerobacterium phage THSA-485A, Bacillus phage Hoody T, Bacillus phage CAM003.

The phylogenetic analysis of the Cas1 and Cas2 proteins

Cas1 and Cas2 occurs universally in all types of CRISPR and was used in adaptation process. According to results, Cas1 and Cas 2 revealed a considerable agreement with subtypes, all were clustered on the different branches of the tree according to subtypes as expected (Figure 2 and 3).

Discussion

CRISPR system diversity has been one of the attracted topic in biodiversity researches. Closely related strains is difficult to type with 16S rRNA approach. Therefore, CRISPR system comparison has been thought to help solving this problem. Especially, Cas1 occurring in all type of CRISPR, has been thought to have enough amino acid sequence to compare CRISPR types of strains. Therefore, this study intended to investigate *Veillonella* spp. CRISPR systems.

References

- Alkhnabashi, O. S., Meier, T., Mitrofanov, A., Backofen, R., & Voß, B. (2020). CRISPR-Cas bioinformatics. In *Methods* (pp. 3–11). <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2019.07.013>
- Biswas, A., Staals, R. H. J., Morales, S. E., Fineran, P. C., & Brown, C. M. (2016). CRISPRDetect: A flexible algorithm to define CRISPR arrays. *BMC Genomics*, *17*(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-2627-0>
- Bland, C., Ramsey, T. L., Sabree, F., Lowe, M., Brown, K., Kyrpides, N. C., & Hugenholtz, P. (2007). CRISPR Recognition Tool (CRT): A tool for automatic detection of clustered regularly interspaced palindromic repeats. *BMC Bioinformatics*, *8*, 1–8. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-8-209>
- Crawley, A. B., Henriksen, E. D., Stout, E., Brandt, K., & Barrangou, R. (2018). Characterizing the activity of abundant, diverse and active CRISPR-Cas systems in lactobacilli. *Scientific Reports*, *April*, 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29746-3>
- Grissa, I., Vergnaud, G., & Pourcel, C. (2007). The CRISPRdb database and tools to display CRISPRs and to generate dictionaries of spacers and repeats. *BMC Bioinformatics*, *8*, 1–10. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-8-172>
- Han, M., Liu, G., Chen, Y., Wang, D., & Zhang, Y. (2020). Comparative Genomics Uncovers the Genetic Diversity and Characters of *Veillonella atypica* and Provides Insights Into Its Potential Applications. *Frontiers in Microbiology*, *11*(June), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01219>
- Kahraman Ilikkan, Ö. (2021). CRISPR / Cas systems and anti-repeat sequences of *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus graminis*, *Lactobacillus fuchuensis*, and *Lactobacillus sakei* genomes. *Korean Journal of Microbiology*, *57*(1), 12–22. <https://doi.org/10.7845/kjm.2021.0093>
- Kearse, M., Moir, R., Wilson, A., Stones-Havas, S., Cheung, M., Sturrock, S., Buxton, S., Cooper, A., Markowitz, S., Duran, C., Thierer, T., Ashton, B., Meintjes, P., & Drummond, A. (2012). Geneious Basic: An integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*, *28*(12), 1647–1649. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts199>
- Kolde, R. (2019). R Package ‘pheatmap’ v1.0.12. <https://cran.r-project.org/web/packages/pheatmap/index.html>
- Lopatina, A., Medvedeva, S., Artamonova, D., Kolesnik, M., Sitnik, V., Ispolatov, Y., & Severinov, K. (2019). Natural diversity of CRISPR spacers of *Thermus*: Evidence of local spacer acquisition and global spacer exchange. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *374*(1772). <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0092>
- Makarova, K. S., Haft, D. H., Barrangou, R., Brouns, S. J. J., Charpentier, E., Horvath, P., Moineau, S., Mojica, F. J. M., Wolf, Y. I., Yakunin, A. F., Van Der Oost, J., & Koonin, E. V. (2011). Evolution and classification of the CRISPR-Cas systems. *Nature Reviews Microbiology*, *9*(6), 467–477. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2577>
- Makarova, K. S., Wolf, Y. I., & Koonin, E. V. (2018). Classification and Nomenclature of CRISPR-Cas Systems: Where from Here? *The CRISPR Journal*, *1*(5), 325–336. <https://doi.org/10.1089/crispr.2018.0033>
- Mashima, I., Theodorea, C. F., Thaweboon, B., Thaweboon, S., & Nakazawa, F. (2016). Identification of *veillonella* species in the tongue biofilm by using a novel one-step polymerase chain reaction method. *PLoS ONE*, *11*(6), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157516>

- Ramachandran, G., & Bikard, D. (2019). Editing the microbiome the CRISPR way. In *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 374, Issue 1772, pp. 0–2). <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0103>
- Sayers, E. W., Cavanaugh, M., Clark, K., Ostell, J., Pruitt, K. D., & Karsch-Mizrachi, I. (2020). GenBank. *Nucleic Acids Research*. <https://doi.org/10.1093/nar/gkz956>
- Yang, L., Li, W., Ujiroghene, O. J., Yang, Y., Lu, J., Zhang, S., Pang, X., & Lv, J. (2020). Occurrence and Diversity of CRISPR Loci in *Lactobacillus casei* Group. *Frontiers in Microbiology*, 11(April), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00624>

Use of Alloys Electrodes in the Electrocoagulation Process

Hatice Sevim EKŞİ¹

Gülizar KURTOĞLU AKKAYA²

1. Introduction

Electrocoagulation (EC) is the most common electrochemical process that allows simultaneous removal of many pollutants such as heavy metals, suspended solids, and emulsified organic substances from wastewater using electric current and metal electrodes. The general mechanism of the EC process includes coagulation, adsorption, absorption, precipitation, and flotation processes. Aluminum (Al^{3+}) and iron (Fe^{3+} , Fe^{2+}) electrodes are commonly used. These electrodes react electrochemically with pollutants by producing water-soluble hydroxides during the operating phase of the process. The adsorption capacity of metal hydroxides is high and with these properties, metal hydroxides form coagulants by adsorbing different pollutant parameters in the water and the formed coagulants are removed from the water by precipitating. EC is shown as an indispensable step in the treatment of wastewater containing pollutants that are difficult to treat. It is stated that it removes a wide variety of pollutants from water. It has been applied efficiently to treat different wastewater containing refractory organic pollutants such as heavy metals (Al-Shannag vd. 2015), foodstuffs (Chen et al., 2000), oil residues (Calvo et al., 2003), textile dyes (Bener et al., 2019), fluoride (Sandoval et al., 2021), landfill leachate organic matter (Akkaya & Bilgili, 2020). Some studies have even used EC for drinking water treatment (Heffron et al., 2019), (Das & Nandi, 2019). There is increasing interest in EC treatment in the industrial sector, thanks to its ability to remove various pollutants.

1.1. The EC process

The EC process consists of an electro-coagulant reactor, an anode, and an electrolytic cell with a cathode. It consists of pairs of conductive metal plates placed between two parallel electrodes and a direct current (DC) power source (Figure 1). The experimental setup also requires a resistor box to regulate the current density and a multimeter to read the current values. The conductive metal plates are commonly known as 'dissolving electrodes'. The 'dissolved anode' lowers the dissolution potential of the anode and minimizes the passivation of the cathode. Dissolving electrodes can be made of the same or different materials as the anode. The EC process is accepted to involve three successive steps: (a) the formation of coagulants by electrolytic oxidation of the 'electrode'; (b) destabilization of pollutants, particle suspension, and breaking up of emulsions; (c) collection of unstable phases to form flocs.

The destabilization mechanism of contaminants, particle suspension, and breaking of emulsions has been explained in wide steps and can be summarized as follows:

¹ Ms., Necmettin Erbakan University, Environmental Engineering Department

² Dr., Necmettin Erbakan University, Environmental Engineering Department, ORCID: 0000-0003-4779-0428

1. Compression of the dispersed bilayer around the charged species, obtained from the interactions of ions produced by dissolving the electrode, due to the current flowing through the solution.
2. Charge neutralization of ionic species present in wastewater caused by counter ions produced by electrochemical dissolution of the waste electrode. These counter-ions sufficiently reduce electrostatic interparticle repulsion so that the van der Waals attraction dominates, thereby causing coagulation. There are zero net loads in the process.
3. The flock formed as a result of flock formation and coagulation forms a sludge blanket that captures and bridges uncomplexed colloidal particles.

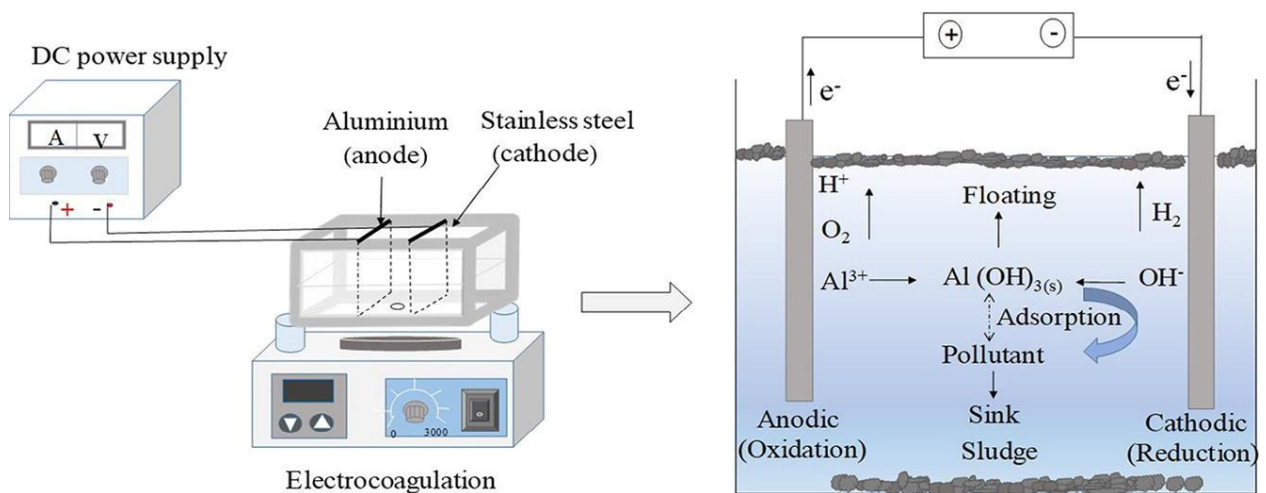


Figure-2. EC reactor (Wu et al., 2019)

Water is also electrolyzed in a parallel reaction, producing small bubbles of oxygen at the anode and hydrogen at the cathode. These bubbles attract flocculated particles and lift-coagulated pollutants to the surface by natural flotation.

In the EC cell (1) cathodic reduction of impurities in the effluent; (2) discharge and coagulation of colloidal particles; (3) electrophoretic migration of ions in solution; (4) electroflotation of coagulated particles with O₂ and H₂ bubbles produced at the electrodes; (5) reduction of metal ions at the cathode; and (6) other electrochemical and chemical processes.

1.2. Reactions occurring EC

When an electric field is applied to the electrodes from an external power source in a simple EC reactor, the anode will undergo oxidation while the cathode will undergo reduction or reductant deposition.

When the metal is named M as the anode, the electrochemical reactions can be summarized as follows:

At the anode:





At the cathode:



1.3. Advantages and disadvantages of EC

EC is a frequently preferred treatment method due to its many advantages. Thanks to EC, a stable sludge formation is observed and dispersed particles in the water provide faster flock formation compared to chemical treatment (Chaturvedi, 2013).

Although the EC method is similar to the traditional coagulation, it has many advantages. These;

- EC is a method that requires simple equipment and is easy to use.
- It is a method with low operating costs.
- Low cost compared to other methods as an initial investment cost.
- Low maintenance cost.
- Does not require the use of chemicals.
- Since there is no use of chemicals, there is no need for pollution caused by the use of chemicals and additional methods for the elimination of this pollution.
- The sludge formed as a result of electrocoagulation can be easily dewatered and thus a small amount of sludge is produced.
- The flocs formed have large particle sizes and contain less water, are acid-resistant and are stable. For this reason, they can be easily filtered and separated.
- The waste sludge with lower total dissolved solids (TDS) content is generated compared to chemical methods.
- Since the applied electric field activates the colloidal particles quickly, even the smallest colloidal particles are removed.
- The formation of gas bubbles during electrolysis facilitates the removal of pollutants.
- EC provides a clear, colorless, and odorless effluent as a result of treatment.
- EC provides efficient wastewater treatment with different wastewater characteristics.
- The electricity required for current density in EC can be obtained from renewable energy sources such as solar energy.
- EC minimizes the by-products formed.
- The combination of renewable energy sources and EC can minimize electricity and energy consumption, which is a disadvantage in EC.

EC is the most widely used method among electrochemical treatment methods due to its effective efficiency and easy operating conditions. However, EC has some disadvantages as well as advantages and these are listed below.

Electrodes are passivated over time, preventing the passage of electric current into the aqueous medium. This situation reduces the treatment efficiency and causes the cost to be increased by changing the electrodes frequently.

- Requires a highly conductive wastewater suspension.
- The hydroxide formed may tend to dissolve in some cases.
- Cost may be higher than other methods due to electricity and energy consumption.

2. Alloys

Alloys are called materials obtained by mixing a metal with at least one element in certain proportions homogeneously. Metals used in industry are not pure, but in the form of alloys. Depending on the desired properties in metal production, a structure different from the pure state of the base metal is obtained as a result of solidification performed by adding one or more alloying elements in addition to the base metal (Karaaslan, 2010). The biggest benefits of alloys are; It is the production of new metal materials with superior properties by knowing how the added metals affect the base metal properties. In cases where pure metals are insufficient for all kinds of effects such as high temperature, abrasion, chemical environment, metals that provide the required properties are added and alloyed. For example, the quick-rusting feature of iron is produced by adding carbon to the iron and stainless-steel alloy is produced to a large extent. The desired metal alloys can be produced according to the needs.

2.1. Iron alloys

Iron alloys are alloy types in which the main metal is iron and other metals are added depending on the desired properties. Iron is poor corrosion resistance due to environmental influences. It also has low electrical conductivity. For this reason, the alloy obtained by adding iron-based carbon element gives it a stainless feature and increases its electrical conductivity. Stainless steel is a general term used to denote a wide group of advanced corrosion-resistant alloy steels. Stainless steel are iron-based alloys containing at least 11% chromium (Cr) by weight (Sedriks, 1996). This amount of Cr gives stainless steel the ability to form a protective or passive film that resists corrosion. The film is self-forming and self-healing and is responsible for the corrosion resistance of stainless steel. Corrosion resistance can be increased with increasing chromium, nickel and molybdenum levels. However, stainless steels cannot be considered 100% corrosion resistant. The passive state can deteriorate under certain conditions and then corrosion occurs locally. Stainless steel can show different properties depending on the varying carbon ratio. Iron alloys containing less than 2.14% carbon are called steel, and iron alloys containing higher carbon are called cast iron (Chaturvedi, 2013). In general, all ferrous materials containing up to 2.0% carbon in their composition are defined as steel.

The type of iron-carbon alloy containing small amounts of manganese (Mn), silicon (Si), sulfur (S) and phosphorus (P) besides the carbon metal is grouped under the name of steel.

2.2. Aluminum alloys

Aluminum (Al) has a unique position among all metals due to its properties and the combination of these properties. Al's lightness, corrosion resistance, good surface appearance, durability, thermal properties, excellent machinability, electrical conductivity etc. are well known. The integrated coexistence of these advantageous properties has made Al rank high among all other metals. Pure Al is soft and ductile. When it comes to the main areas of use where mechanical properties at a certain level are required, this property remains within certain limits that a pure metal can provide. For this reason, both physical and mechanical, machinability etc. It is alloyed

with other metals to improve its properties (Conserva vd., 1992). Many metallic elements alloy with Al. However, some of these are commercially available alloys. The most commonly used alloying elements are copper (Cu), Si, zinc (Zn), magnesium (Mg) and Mn. The composition of Al alloys is regulated by an internationally accepted classification system or nomenclature. According to the Aluminum Association (AA), system classification adopted in European Standard EN 573, each wrought alloy is assigned a four-digit number followed by another letter and number indicating the temper or condition of the alloy. Only the first digit is of practical importance (Dura, 2013).

2.3. Copper alloys

Cu is an important engineering metal because it is widely used in unalloyed conditions and in alloys of other metals. It is a metal with high electrical conductivity, corrosion resistance.

Brass is obtained when alloyed with zinc, and bronze is obtained using zinc, Sn, Al, Si and Ni additives. It is indispensable for the industry with its alloyed and unalloyed form. Bronze is more durable and shows better corrosion resistance than brass (Erdoğan, 2001).

2.4. Magnesium alloys

Mg, the third most abundant metal on the earth's surface after Al and iron, is a silver-gray metal. Mg is a more environmentally friendly metal than other metals and is the lightest metal used in industry. It has a high tendency to react with oxygen. The main alloying elements are Al, Zn and Mn (Metin & Hayri, 2006).

3. Alloys in wastewater treatment with EC

As mentioned before, metal electrodes are used in wastewater treatment with EC and the most commonly used metals are Al and Fe. The efficiency of wastewater treatment with EC has been proven, but research has progressed on the disadvantages of EC. The presence of a passive layer on the metal surface in the EC process increases the potential required for the dissolution of metal cations from the electrodes. This increases the energy demand of the system. In addition, the passivation of the electrodes over time and the prevention of the passage of electric current to the aqueous medium reduce the treatment efficiency and increase the cost by changing the electrodes frequently. For this reason, the electrode material used can be alloyed with different metals, delaying its passivation, more resistant to corrosion and high electrical conductivity electrodes can be prepared. Researchers are investigating the effectiveness of EC treatment using these different alloy electrodes. It has been stated that it would be more appropriate to use Fe or Al alloys in EC applications since alloying elements can limit the passive film formation. Also, the use of anodes made of pure Al significantly increases electrical energy consumption due to the effect of Al surface passivation (El-Ashtouky et al., 2013), (Mohammed, 2007), (Zazouli et al., 2012), (Bazrafshan et al., 2012).

In most studies, the electrodes used in EC are metals containing 99% of the base metal. The remaining 1%-part forms different metals, so the alloy used is the electrode. Alloy metal electrodes used as electrodes for wastewater treatment in EC studies are shown in Table 1 with their chemical compositions.

Table-1. Alloy used as electrodes for wastewater treatment in EC studies.

Alloy Electrode	Chemical Composition	References
Mg-Al-Zn (AZ31)	Al (3.069%), Zn (1.133%) Fe (0.019%), Cu (0.001%), Si (0.131), Mn (0.486%), Mg (95.1615)	(Vasudevan, Lakshmi, & Sozhan, 2009), (Kamaraj et al., 2013)(Molano-Mendoza et al., 2018)
Stainless steel -304	C (0.08%), Mn (2.0%), P (0.045%), S (0.03%), Si (0.75%), Cr (18.35%), Ni (8-10%), Mo (0.07%), Cu (0.23%)	(ÖZBEK et al., 2017)
Stainless steel -316	C (0.04%), Mn (1.18%), P (0.41%), S (0.038%), Si (0.012%), Cr (16.3%), Ni (10.09%), Mo (2.02%), Cu (0.495)	(Zhu et al., 2020), (Vasudevan et al., 2010)
AISI 420	(% 13–14 Cr;% 1 Mn;% 1 Si;% 0.3 C; ve denge Fe)	(Sun et al., 2018)
Al-Zn-In Alloy	Zn (1–4%), In (0.006–0.025%), Fe (0.15%), Si (0.15%)	(Vasudevan et al., 2010)
AlMgSi0.5	Mg (0.45-0.9%), Mn (<0.10%), Fe (<0.35%), Si (0.20-0.6%), Cu (<0.105), Zn (<0.10%), Cr (<0.10%), Ti (<0.10%), Diğer (<0.15%)	(Fekete et al., n.d.)
A-U4G (2017-Al)	Cu (4.08%), Mg (0.72%), Mn (0.62%), Si (0.60%), Fe (0.27%), Ti (0.03%), balance is Al	(Aitbara et al., 2021)
Pure Al	Si (0.25%), Fe (0.40%), Cu (0.05%), Mn (0.05%), Mg (0.05%), Zn (0.07%), Ti (0.07%), Al (99,5%)	(Elabbas et al., 2016)
Al86Ni10Y4	Zn (1–4%), In (0.006–0.025%), Fe (0.15%), Si (0.15%)	(Xu & Qiu, 2021)
Al 5754 Alloy	Si (< 0.4%), Fe (<% 0.4%), Cu (<0.10%), Mg (2.6-3.6%), Mn (<0.5%), Cr (<0.3%), balance Al	(Picard et al., 2000)
Al–Mg alloys	Mg (1.7–2.4%), Fe (0.5%), Mn (0.5–0.1%), Si (0.4%), balance Al	(Bakshi et al., 2020), (Dura & Breslin, 2019)

3.1. Literature studies

The performance of the EC process is strictly dependent on the electrode materials used. The electrode material determines the type and concentration of coagulant introduced into the solution. In addition, each material exhibits a different dissolution rate and this affects the energy consumption of the system.

In the studies, the effects of alloy and pure metal electrodes on EC and water treatment were compared. For example; Aitbara et al. (2021) evaluated the performance of pure Al (1050) and alloy electrode (A-U4G (2017-Al)) for the treatment of milk wastewater. It has been stated that the alloy electrodes show faster kinetics and provide a rapid pollution removal. In contrast, it has been explained that the passive film formed on pure Al electrodes inhibits the effectiveness of the removal process. As a result, it has been proven that Al alloy electrodes exhibit higher EC removal than pure Al electrodes. In another study, the efficiency of pure Mg electrode and Mg-Al-Zn alloy (AZ31) was compared (Donneys-Victoria et al., 2020). The performance of polarity change (PC) of synthetic indigo carmine solution (IC) of two electrodes in EC treatment was evaluated. The behavior of the cell voltage during the tests showed that in pure Mg, it was twice the value obtained with the AZ31 alloy. Apart from that, the on-purgeable organic carbon and dye content removal efficiency were 80% and 96% for AZ31, 75% and 86% for pure Mg, respectively. As it is known, there are many types of steel alloy metals.

Dura & Breslin, (2019) compared two stainless steel anodes (AISI 420 and AISI 310) and pure Fe electrodes in the removal of phosphate, Orange II and Zn ions from a synthetic wastewater

at a current density of 11.7 mA/cm² and surface area. It was decided to use stainless steel in the study, as the fine rust particles of pure Fe mixed with the water and formed a yellowish color in the water after treatment. They chose two stainless steel alloys, AISI 420 and AISI 310. It is the % chromium content in the alloy that separates the two steel electrodes. Therefore, AISI 310 provided 50% less removal of COD and Orange II compared to pure iron and AISI 420. However, Zn removal was the same in all electrodes (99%). Yellow color was observed in the effluent obtained with pure Fe, but not in AISI 420 and AISI 310. It was understood that the removal efficiency was significantly reduced by increasing the Cr content with the AISI 310 alloy. The same authors used pure Al (99.9%) and Al–Mg alloys as anodes in their studies for phosphate removal with EC (Dura & Breslin, 2019b). It was stated that Al-Mg alloy was less sensitive to passivation than pure Al and provided the best removal efficiency at all EC times (eg, 20 min Mg-Al alloy 95%, pure Mg 84%). Similarly, (Elabbas et al., 2016) stated that the Al alloy (aluminium/copper/magnesium alloy) electrode is the most effective way to remove COD and chromium from tanning waters.

Polatides et al., (2005) also evaluated the pure electrodes and alloy electrodes in terms of nitrate removal (Table 2.). The best removal efficiency was achieved with the Cu60Zn40 cathode.

Table-2. Different alloy electrodes and removal efficiency (Polatides et al., 2005)

Electrode	Cu	Zn	Al	Pb	Carbon felt	Carbon felt Pb	Cu60Zn40	Sn85Cu15
% Performance	90	61	88.6	93.3	94.9	29.7	99.1	97.4

Gousmi et al., (2016), an EC study was carried out by using four different combinations of Fe and Al alloy AU4G (2017-Al) electrodes as both anode and cathode of synthetic oily wastewater with the characteristics of an oil refinery wastewater. In the study, the use of Al alloy as anode and cathode was most effective, the current density was 60 A/m² and the COD and turbidity removal efficiency were 83.52 and 99.94% in the 30-minute electrolysis time. Xu & Qiu, (2021), the treatment of oily wastewater was carried out in an EC system using Al86Ni10Y4 amorphous alloy as the anode and graphite as the cathode. The COD removal rate is 75.68%. In a different study, phosphate removal from scrapped Al alloy plates and synthetic wastewater was investigated (Bakshi et al., 2020). As a result of the study, 90% phosphate removal was obtained.

Since the researchers observed the effect of the electrodes on the treatment efficiency, they want to obtain quality effluent with different electrodes in their studies. Vasudevan et al. used an Al-Zn alloy to successfully purify water containing phosphate (Vasudevan et al., 2009a), iron (Vasudevan et al., 2009b), arsenate (Vasudevan et al., 2010), chromium (Vasudevan et al., 2011) and copper (Vasudevan & Lakshmi, 2012). High removal efficiencies were obtained in all studies. For example, Al alloy for removal of phosphates gave 99% efficiency after 30 minutes compared to 87% and 85% efficiencies obtained with mild steel and pure Al electrodes under the same conditions. Apart from that, Hossein et al. (2014) in their study, the efficiency of EC with alternating (AC) and DC was evaluated by using Fe and stainless steel electrodes in Pb and Zn removal (Mansoorian et al., 2014). They concluded that the alloys exhibited better removal performance compared to pure metals. Kabdaşlı et al., (2009) in this study, the EC treatability of metal plating wastewater containing complex metals originating from the nickel (Ni) and Zn plating process by using stainless steel electrodes was experimentally investigated.

In the study for the treatment of hospital wastewater, EC, Fe, Al and stainless steel electrodes were used (Veli et al., 2016). According to the test results made according to the proposed mathematical models, the maximum TOC removal efficiencies were 99.11% (pH 7.56, CD 4.87 mA/cm²), 99.91% (pH 5.45) for Fe, Al and SS electrodes, respectively. , CD 4.46 mA/cm² , and 99.89% (pH 7.80, CD 2.68 mA/cm²). It has been stated that the removal efficiencies for all electrodes are high, but the stainless steel electrode is better than the Fe and Al electrodes according to the energy consumption cost. Oumar et al., (2016) in their study, a combination of biofiltration (BF) and EC processes was used for the treatment of landfill leachate. With the Mg-based anode alloy, COD and color removal were 53% and 85%, respectively. Lakshmi et al., (2013) in their study, Al alloy was preferred as the electrode and hydrogen recovery was targeted with EC nitrate removal. As a result, it was concluded that a significant amount of hydrogen can be produced during the removal of nitrate from water. When a maximum nitrate removal of 95.9% was achieved at a current density of 0.25 A/dm², the energy efficiency of hydrogen produced in the EC was determined to be ~54% of the electrical energy demand of the EC. EC studies are used not only in the removal of industrial and domestic wastewater, but also in the treatment of water mixed with nuclear waste. The polluted water at the Fukushima Daiichi nuclear power plant contains seawater (Kitagaki et al., 2013). Therefore, in order to evaluate the effect of sodium and other species, Sr, Ru, Zr, Ce and Nd stable isotopes were added to the sea water collected in Tokai-mura and studies were carried out using Al alloy electrodes on the removal of these isotopes by EC. The Ru isotope was removed by 90%, but other elements could not be removed. IC, which has high toxicity, causes irritations and carcinogenic effects, was investigated for removal by EC using bronze, Al, steel, metal electrodes. Each of the electrodes was supplied commercially and as waste.

The discoloration of the IC reached 84% for the commercial Al electrode, 90% for the steel electrode, and 96% for the bronze electrode at 80 minutes of operation (Oliveira et al., 2020). In the electrodes produced from wastes, during the same process, there was a 72% color change for the Al electrode, 92% for the steel electrode, and 90% for the bronze electrode, respectively. At the end of the study, it was determined that waste alloy electrodes were effective in paint degradation and were less costly. In the EC study using iron-based alloys as anode materials, it was found to be an effective decolorization electrode (Arslan-Alaton et al., 2009). it was reported that reactive dye bath wastes were completely decolorized by using stainless steel (SenthilKumar et al., 2010). Stainless steel has also been used with excellent removal efficiencies for the purification of total suspended solids and turbidity (Abuzaid et al., 2002), (Bukhari, 2008), phthalic acid esters (Kabdaşlı et al., 2009), nitrite (Abuzaid et al., 1999) and strontium (Murthy & Parmar, 2011). However, there are studies where stainless steel electrodes exhibit less efficiency for the removal of COD and BOD.

Conclusions

It has been proven in many studies that it is effective in wastewater treatment. The EC process efficiency is strictly dependent on the electrode materials used. The electrode material determines the type and amount of coagulant. In addition, each material exhibits a different dissolution rate and this affects the energy consumption of the system. Within the scope of this study, the effects of pure and 99% purity alloy electrodes in water treatment with EC were compared. It has been stated that the alloy electrodes show faster kinetics and provide a rapid pollution removal. It was concluded that the alloys exhibited better removal performance compared to the pure metals.

References

- Abuzaid, N. S., Al-Hamouz, Z., Bukhari, A. A., & Essa, M. H. (1999). Electrochemical treatment of nitrite using stainless steel electrodes. *Water, Air, and Soil Pollution*, 109(1), 429–442.
- Abuzaid, N. S., Bukhari, A. A., & Al-Hamouz, Z. M. (2002). Ground water coagulation using soluble stainless steel electrodes. *Advances in Environmental Research*, 6(3), 325–333.
- Aitbara, A., Khelalfa, A., Bendaia, M., Abrane, R., Amrane, A., & Hazourli, S. (2021). Treatment of dairy wastewater by electrocoagulation using A-U4G (2017-Al) alloy and pure aluminum as electrode material. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 6(1), 1–10.
- Akkaya, G. K., & Bilgili, M. S. (2020). Evaluating the performance of an electro-membrane bioreactor in treatment of young leachate. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(4), 104017.
- Al-Shannag, M., Al-Qodah, Z., Bani-Melhem, K., Qtaishat, M. R., & Alkasrawi, M. (2015). Heavy metal ions removal from metal plating wastewater using electrocoagulation: Kinetic study and process performance. *Chemical Engineering Journal*, 260, 749–756. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.09.035>
- Arslan-Alaton, İ., Kabdaşlı, I., Vardar, B., & Tünay, O. (2009). Electrocoagulation of simulated reactive dye bath effluent with aluminum and stainless steel electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 164(2–3), 1586–1594.
- Bakshi, A., Verma, A. K., & Dash, A. K. (2020). Electrocoagulation for removal of phosphate from aqueous solution: Statistical modeling and techno-economic study. *Journal of Cleaner Production*, 246, 118988. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118988>
- Bazrafshan, E., Biglari, H., & Mahvi, A. H. (2012). Phenol removal by electrocoagulation process from aqueous solutions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(2), 364–371.
- Bener, S., Bulca, Ö., Palas, B., Tekin, G., Atalay, S., & Ersöz, G. (2019). Electrocoagulation process for the treatment of real textile wastewater: Effect of operative conditions on the organic carbon removal and kinetic study. *Process Safety and Environmental Protection*, 129, 47–54.
- Bukhari, A. A. (2008). Investigation of the electro-coagulation treatment process for the removal of total suspended solids and turbidity from municipal wastewater. *Bioresource Technology*, 99(5), 914–921.
- Calvo, L. S., Leclerc, J., Tanguy, G., Cames, M. C., Paternotte, G., Valentin, G., Rostan, A., & Lopicque, F. (2003). An electrocoagulation unit for the purification of soluble oil wastes of high COD. *Environmental Progress*, 22(1), 57–65.
- Chaturvedi, S. I. (2013). Electrocoagulation: a novel waste water treatment method. *International Journal of Modern Engineering Research*, 3(1), 93–100.
- Chen, G., Chen, X., & Yue, P. L. (2000). Electrocoagulation and electroflotation of restaurant wastewater. *Journal of Environmental Engineering*, 126(9), 858–863.
- Conserva, M., Donzelli, G., & Trippodo, R. (1992). *Aluminium and its applications*. Edimet.
- Das, D., & Nandi, B. K. (2019). Removal of Fe (II) ions from drinking water using Electrocoagulation (EC) process: Parametric optimization and kinetic study. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(3), 103116.
- Dindas, G. B., Caliskan, Y., Celebi, E. E., Tekbas, M., Bektas, N., & Yatmaz, H. C. (2018). Sequential Treatment of Food Industry Wastewater by Electro-Fenton and Electrocoagulation Processes. *Int. J. Electrochem. Sci*, 13, 12349–12359.
- Donneys-Victoria, D., Marriaga-Cabrales, N., Machuca-Martínez, F., Benavides-Guerrero, J., &

- Cloutier, S. G. (2020). Indigo carmine and chloride ions removal by electrocoagulation. Simultaneous production of brucite and layered double hydroxides. *Journal of Water Process Engineering*, 33, 101106. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101106>
- Dura, A. (2013). *Electrocoagulation for water treatment: the removal of pollutants using aluminium alloys, stainless steels and iron anodes*. National University of Ireland, Maynooth (Ireland).
- Dura, A., & Breslin, C. B. (2019). The removal of phosphates using electrocoagulation with Al–Mg anodes. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 846, 113161. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2019.05.043>
- El-Ashtoukhy, E. S. Z., El-Taweel, Y. A., Abdelwahab, O., & Nassef, E. M. (2013). Treatment of petrochemical wastewater containing phenolic compounds by electrocoagulation using a fixed bed electrochemical reactor. *Int. J. Electrochem. Sci*, 8(1), 1534–1550.
- Elabbas, S., Ouazzani, N., Mandi, L., Berrekhis, F., Perdicakis, M., Pontvianne, S., Pons, M. N., Lopicque, F., & Leclerc, J. P. (2016). Treatment of highly concentrated tannery wastewater using electrocoagulation: Influence of the quality of aluminium used for the electrode. *Journal of Hazardous Materials*, 319, 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.12.067>
- Erdoğan, M. (2001). Demir Dışı Alaşımlar Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri. *Nobel Yayın Dağıtım, Ankara*, 339–372.
- Fekete, É., Lengyel, B., Cserfalvi, T., & Pajkossy, T. (n.d.). *Electrochemical dissolution of aluminium in electrocoagulation experiments*. <https://doi.org/10.1007/s10008-016-3195-6>
- Gousmi, N., Sahmi, A., Li, H.-Z., Poncin, S., Djebbar, R., & Bensadok, K. (2016). Purification and detoxification of petroleum refinery wastewater by electrocoagulation process. *Environmental Technology*, 37(18), 2348–2357.
- Heffron, J., Ryan, D. R., & Mayer, B. K. (2019). Sequential electrocoagulation-electrooxidation for virus mitigation in drinking water. *Water Research*, 160, 435–444.
- Kabdaşlı, I., Arslan, T., Ölmez-Hancı, T., Arslan-Alaton, I., & Tünay, O. (2009). Complexing agent and heavy metal removals from metal plating effluent by electrocoagulation with stainless steel electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 165(1–3), 838–845.
- Kabdaşlı, I., Keleş, A., Ölmez-Hancı, T., Tünay, O., & Arslan-Alaton, I. (2009). Treatment of phthalic acid esters by electrocoagulation with stainless steel electrodes using dimethyl phthalate as a model compound. *Journal of Hazardous Materials*, 171(1–3), 932–940.
- Kamaraj, R., Ganesan, P., Lakshmi, J., & Vasudevan, S. (2013). Removal of copper from water by electrocoagulation process—effect of alternating current (AC) and direct current (DC). *Environmental Science and Pollution Research*, 20(1), 399–412.
- Karaaslan, A. (2010). *Mühendislik alaşımları için faz diyagramları*. Literatür Yayıncılık.
- Kitagaki, T., Hoshino, T., Sambommatsu, Y., Yano, K., Takeuchi, M., Igarashi, T., & Suzuki, T. (2013). Fission product separation from seawater by electrocoagulation method. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 296(2), 975–979.
- Lakshmi, J., Sozhan, G., & Vasudevan, S. (2013). Recovery of hydrogen and removal of nitrate from water by electrocoagulation process. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(4), 2184–2192.
- Mansoorian, H. J., Mahvi, A. H., & Jafari, A. J. (2014). Removal of lead and zinc from battery industry wastewater using electrocoagulation process: Influence of direct and alternating current by using iron and stainless steel rod electrodes. *Separation and Purification Technology*, 135, 165–175. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.08.012>

- Metin, G., & Hayri, Y. (2006). Malzeme Bilgisi. *Palme Yayıncılık, Ankara*, 1–492.
- Mohammed, A. A. (2007). Electrocoagulation of phenol for wastewater treatment. *Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering*, 9(3), 37–41.
- Molano-Mendoza, M., Donneys-Victoria, D., Marriaga-Cabrales, N., Mueses, M. A., Puma, G. L., & Machuca-Martínez, F. (2018). Synthesis of Mg-Al layered double hydroxides by electrocoagulation. *MethodsX*, 5, 915–923.
- Murthy, Z. V. P., & Parmar, S. (2011). Removal of strontium by electrocoagulation using stainless steel and aluminum electrodes. *Desalination*, 282, 63–67.
- Oliveira, M. T., Garcia, L. F., Siqueira, A. C. R., Somerset, V., & Gil, E. S. (2020). Electrocoagulation of the indigo carmine dye using electrodes produced from the compression of metallurgical filing wastes. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(3), 1657–1662. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02574-2>
- Oumar, D., Patrick, D., Gerardo, B., Rino, D., & Ihsen, B. S. (2016). Coupling biofiltration process and electrocoagulation using magnesium-based anode for the treatment of landfill leachate. *Journal of Environmental Management*, 181, 477–483.
- ÖZBEK, N. A., ÇİÇEK, A., GÜLESİN, M., & ÖZBEK, O. (2017). AISI 304 ve AISI 316 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliğinin Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 20(1), 43–49.
- Picard, T., Cathalifaud-Feuillade, G., Mazet, M., & Vandensteendam, C. (2000). Cathodic dissolution in the electrocoagulation process using aluminium electrodes. *Journal of Environmental Monitoring*, 2(1), 77–80.
- Polatides, C., Dortsiou, M., & Kyriacou, G. (2005). Electrochemical removal of nitrate ion from aqueous solution by pulsing potential electrolysis. *Electrochimica Acta*, 50(25–26), 5237–5241.
- Sandoval, M. A., Fuentes, R., Thiam, A., & Salazar, R. (2021). Arsenic and fluoride removal by electrocoagulation process: A general review. *Science of The Total Environment*, 753, 142108.
- Sedriks, A. J. (1996). *Corrosion of stainless steel*, 2.
- SenthilKumar, P., Umaiyambika, N., & Gayathri, R. (2010). Dye removal from aqueous solution by electrocoagulation process using stainless steel electrodes. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 9(8).
- Sun, H., Wang, H., Wang, H., & Yan, Q. (2018). Enhanced removal of heavy metals from electroplating wastewater through electrocoagulation using carboxymethyl chitosan as corrosion inhibitor for steel anode. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 4(8), 1105–1113.
- Vasudevan, S., Jayaraj, J., Lakshmi, J., & Sozhan, G. (2009). Removal of iron from drinking water by electrocoagulation: Adsorption and kinetics studies. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 26(4), 1058–1064.
- Vasudevan, S., & Lakshmi, J. (2012). Process conditions and kinetics for the removal of copper from water by electrocoagulation. *Environmental Engineering Science*, 29(7), 563–572.
- Vasudevan, S., Lakshmi, J., Jayaraj, J., & Sozhan, G. (2009). Remediation of phosphate-contaminated water by electrocoagulation with aluminium, aluminium alloy and mild steel anodes. *Journal of Hazardous Materials*, 164(2–3), 1480–1486. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.09.076>
- Vasudevan, S., Lakshmi, J., & Sozhan, G. (2009). Studies on a Mg-Al-Zn Alloy as an Anode for the Removal of Fluoride from Drinking Water in an Electrocoagulation Process. *Clean–Soil*,

- Air, Water*, 37(4-5), 372–378.
- Vasudevan, S., Lakshmi, J., & Sozhan, G. (2010). Studies on the removal of arsenate by electrochemical coagulation using aluminum alloy anode. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 38(5-6), 506–515.
- Vasudevan, S., Lakshmi, J., & Sozhan, G. (2011). Studies on the Al-Zn-In-alloy as anode material for the removal of chromium from drinking water in electrocoagulation process. *Desalination*, 275(1–3), 260–268. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.03.011>
- Veli, S., Arslan, A., & Bingöl, D. (2016). Application of response surface methodology to electrocoagulation treatment of hospital wastewater. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 44(11), 1516–1522.
- Wu, M., Hu, Y., Liu, R., Lin, S., Sun, W., & Lu, H. (2019). Electrocoagulation method for treatment and reuse of sulphide mineral processing wastewater: Characterization and kinetics. *Science of the Total Environment*, 696, 134063.
- Xu, X. C., & Qiu, K. Q. (2021). *Electrocoagulation Degradation of Oily Wastewater by Using Al-based Amorphous Alloy*. 6(1), 12–16. <https://doi.org/10.11648/j.es.20210601.12>
- Zazouli, M. A., Taghavi, M., & Bazrafshan, E. (2012). Influences of solution chemistry on phenol removal from aqueous environments by electrocoagulation process using aluminum electrodes. *J Health Scope*, 1(2), 66–70.
- Zhu, S., Xiang, Q., Ma, C., Ren, Y., & Qiu, K. (2020). Continuous electrocoagulation degradation of oily wastewater with Fe 78 Si 9 B 13 amorphous ribbons. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(32), 40101–40108.

The Helminth Fauna of Gobiid Fishes (Gobiidae) of Sinop Coasts of the Black Sea

Türkay ÖZTÜRK¹

Arzu GÜVEN²

Introduction

Gobiidae is one of the largest fish families comprising more than 220 genera and 2000 species. They constitute important members of benthic ichthyofauna and are widely distributed in tropical and temperate coastal marine, brackish and freshwater habitats all over the world. Fishes of the family Gobiidae act an important role in the ecosystem, both as secondary consumers in the food chain and as prey for larger fish, sea birds and seals, as well as being the definitive, intermediate or paratenic hosts in the life cycle of many parasites.

To date, thirty-five gobiid species, five of which are non-native, have been reported from the Black Sea basin (Engin and Seyhan, 2009; 111; Yankova et al., 2013; 247-255). The round goby, *Neogobius melanostomus*, the knout goby, *Mesogobius batrachocephalus*, the black goby, *Gobius niger*, the red-mouthed goby, and the grass goby, *Zosteriosessor ophiocephalus* are native species Black Sea basin. The red-mouthed goby, *Gobius cruentatus* that is a species of the mediterranean basin and widespread in the eastern Atlantic Ocean from the southwest Ireland to Senegal, is a non-native goby for Black Sea basin.

Comprehensive data have been published on the parasites of the native gobiids in the Black Sea basin, especially on the coasts and estuaries of the Northern Black Sea (Korniychuk et al., 2008: 17-22; Krasnovyd et al., 2012: e1-8; Kvach, 2001: 103-113; Kvach, 2002a: 71-76; Kvach, 2002b: 59-65; Kvach, 2004a: 47-56; Kvach, 2004b: 144-148; Kvach, 2005: 103-110; Kvach, 2007: 207-211), but there are few studies on the southern shores of the Black Sea (Güven and Öztürk, 2018: 33-38; Özer, 2007: 483-492). Moreover, no studies have been conducted on parasite fauna of non-native red-mouthed goby, *G. cruentatus* in the Black sea.

The aim of this study was to investigate the helminth fauna of five gobiid species in the Sinop coast of the Black Sea, and was to compared with helminth faunas of same gobiid fishes in the Northern Black Sea.

Material and Methods

Study Site

The study was carried out on the Sinop coasts of the Southern Black Sea (Figure 1).

¹ Türkay Öztürk, Prof.Dr., Sinop University, Faculty of Fisheries,

² Arzu Güven, Assist.Prof.Dr. Malatya Turgut Özal University, Doğanşehir Vahap Küçük Vocation High School,

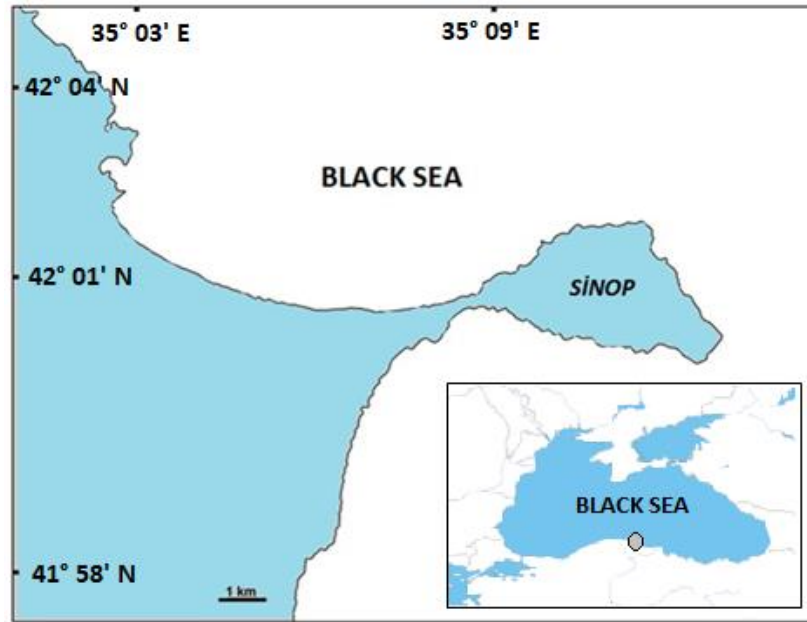


Figure 1. Map of sampling locality

Fish Specimens

A total of 383 specimens of the five gobiid species; the round goby, *Neogobius melanostomus* (n: 170), the knout goby, *Mesogobius batrachocephalus* (n:122), the black goby, *Gobius niger* (n: 80), the red-mouthed goby, *Gobius cruentatus* (n: 5) and the grass goby, *Zosteriosessor ophiocephalus* (n: 6) were investigated for the helminth parasites (Figure 2). Gobiid fishes were caught by trawl and demersal nets a period between May 2015 to May 2017 from Sinop coast of the Southern Black Sea. Fishes were transported to the parasitology laboratory of Faculty of Fisheries at the Sinop University and some part of them examined freshly and some part of them frozen for later examined.

Isolation and Identification of Helminths

At necropsy, the fishes were measured and weighed. External (gills, skin, fins, eyes) and internal organs (heart, stomach, intestine, liver, kidney, gonads, brain, gall bladder, muscle) of fishes were examined using conventional methods. Helminth parasites were isolated using fine needle forceps, under a stereo microscope. The number of helminth parasites was counted individually and the site of infection was recorded. Parasite specimens were studied in both alive and permanent preparations. The parasites were fixed in Bouin's fluid between slide and coverglass without pressure, stained in acetic carmine and mounted in Canada balsam. Permanent preparations were examined using a light microscope (Olympus microscope BX53) at magnification X10, X100.

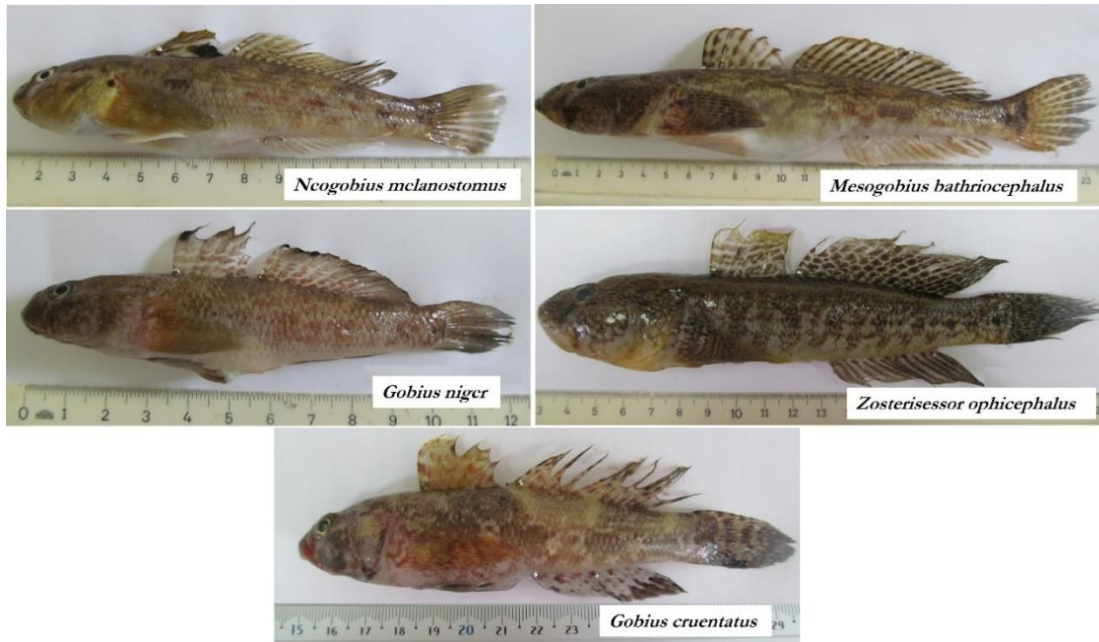


Figure 2. Gobiid fish investigated in the study

Parasitological Indices and Statistical Analysis

The prevalence (P, %), mean intensity (MI), and abundance (A) values of each parasites were determined according to Bush et al. (1997). The standard error (SE) of the mean intensity was calculated. The significance of the helminth parasite fauna was determined by using an abundance (A) index according to the scale presented in Zander et al., (2000: 361), as follows; $A > 2$: core species; $A: 0.6-2$: secondary species; $A: 0.2-0.6$: satellite species; $A < 0.2$: rare species.

The Czekanowski–Sørensen Index (ICS, %) was used to compare the helminth parasite faunas of five gobiid fish. (Sørensen, 1948: 1-34). The tendency to participate in the infracommunity was evaluated in terms of the infracommunity index with > 0.30 as the highest value. The mean infracommunity was characterized as the mean number of parasite species per host individual (Zander, 2004: 18). The species evenness was calculated according to the formula provided by Zander vd., (1993: 84). The evenness values > 0.6 represented a greater part of the homogeneity with > 0.7 being a high homogeneity.

The differences in the mean intensity values of metazoan parasites in each fish host was tested by the Kruskal-Wallis test (nonparametric ANOVA). All statistical tests were carried out using GraphPad InStat 3.0 for Windows 2000 (Software, San Diego, CA, USA) software ($p < 0.05$: statistically significant).

Results

In total, seventeen helminth species were recorded from the gobies studied: one monogenean, nine digenean, two cestode, four of nematodes, and one acanthocephalan (Table 1, Figures 3, 4, 5, 6, 7).

Table 2 summarises the helminth species list with indications of prevalence (%), mean intensity (MI), and abundance (A) values of identified parasites in their respective fish hosts. The overall mean intensity values of parasite species varied significantly among gobiid fishes ($P < 0.05$). The highest prevalence values (100%) were found in *G. cruentatus* and *Z. ophiocephalus*, while the lowest value (24.1%) was found *N. melanostomus* (Table 2). Species richness varied from 6 parasite species in *G. cruentatus* to 13 species in *G. niger*.

Table 1. List of helminth parasites identified in the present study and their infection site (microhabitat)

Parasite species	Infection site (microhabitat)	Hosts
MONOGENEA		
<i>Gyrodactylus</i> sp.	gills	<i>N. melanostomus</i> , <i>G. niger</i>
DIGENEA		
<i>Metadena</i> sp. met.	gills and eyes	<i>G. niger</i> , <i>G. cruentatus</i>
<i>Galactosomum lacteum</i> met.	gills, kidney	<i>G. niger</i> , <i>G. cruentatus</i> , <i>N. melanostomus</i>
<i>Stephanostomum bicornatum</i> met.	gills, kidney	<i>G. niger</i> , <i>M. batrachocephalus</i>
<i>Cryptocotyle concava</i> met.	gills, fins	<i>N. melanostomus</i> , <i>M. batrachocephalus</i>
<i>Magnibursatus skerjabini</i>	gills, digestive tract	<i>G. niger</i> , <i>G. cruentatus</i> , <i>M. batrachocephalus</i> , <i>Z. ophiocephalus</i>
<i>Helicometra fasciata</i>	intestine	<i>G. niger</i> , <i>N. melanostomus</i> , <i>M. batrachocephalus</i> , <i>Z. ophiocephalus</i>
<i>Prodistomum polonii</i>	intestine	<i>N. melanostomus</i>
<i>Lecithochirium musculus</i>	intestine	<i>M. batrachocephalus</i> , <i>Z. ophiocephalus</i>
<i>Phyllodistomum</i> sp.	Urinary bladder	<i>G. cruentatus</i>
CESTODA		
<i>Scolex pleuronectes</i> pl.	gall bladder, intestine	<i>G. niger</i> , <i>G. cruentatus</i> , <i>M. batrachocephalus</i> , <i>Z. ophiocephalus</i> , <i>N. melanostomus</i>
<i>Progrillotia dasyatitidis</i>	gall bladder, intestine	<i>G. niger</i> , <i>M. batrachocephalus</i> , <i>Z. ophiocephalus</i> , <i>N. melanostomus</i>
NEMATODA		
<i>Hysterothylacium aduncum</i> L3	digestive tract	<i>G. niger</i> , <i>G. cruentatus</i> , <i>M. batrachocephalus</i> , <i>Z. ophiocephalus</i> , <i>N. melanostomus</i>
<i>Hysterothylacium fabri</i> L3	digestive tract	<i>G. niger</i> , <i>M. batrachocephalus</i>
<i>Ascarophis valentina</i>	digestive tract	<i>G. niger</i> , <i>M. batrachocephalus</i>
<i>Contracaecum</i> sp. L3 (encysted)	intestine, liver	<i>N. melanostomus</i> , <i>G. niger</i> , <i>M. batrachocephalus</i>
ACANTHOCEPHALA		
<i>Acanthocephalaolides irregularis</i>	intestine	<i>N. melanostomus</i> , <i>G. niger</i> , <i>M. batrachocephalus</i> , <i>Z. ophiocephalus</i>

met.: metacercaria; pl.: plerocercoid; L3: third larval stage

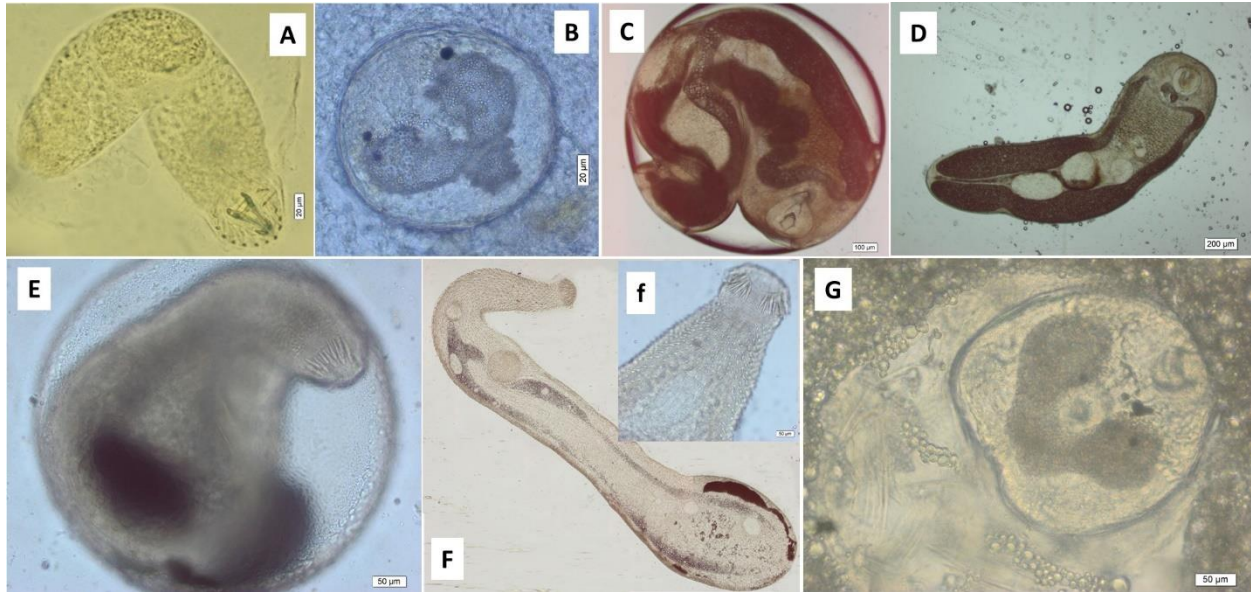


Figure 3. Monogenean and digenean (metacercaria) parasite species (original). **A.** *Gyrodactylus* sp., **B.** encysted met. of *Metadena* sp., **C.** encysted met. of *Galactosomum lacteum* (Jagerskiold, 1896), **D.** excysted met. of *G. lacteum*, **E.** encysted met. of *Stephanostomum bicoronatum* (Stossich, 1883) Fuhrmann, 1928, **F.** excysted met. of *S. bicoronatum*, **f.** anterior end of *S. bicoronatum*, **G.** encysted met. of *Cryptocotyle concava* (Creplin, 1825) Lühe, 1899



Figure 4. Adult digenean parasite species (original). **A.** *Magnibursatus skerjabini* (Vlasenko, 1931) Naidenova, 1969, **B.** *Helicometra fasciata* (Rudolphi, 1819) Odhner, 1902, **C.** *Prodistomum polonii* (Molin, 1859) Bray & Gibson, 1990, **D.** *Lecithochirium musculus* (Looss, 1907) Nasir & Diaz, 1971, **E.** *Phyllodistomum* sp.

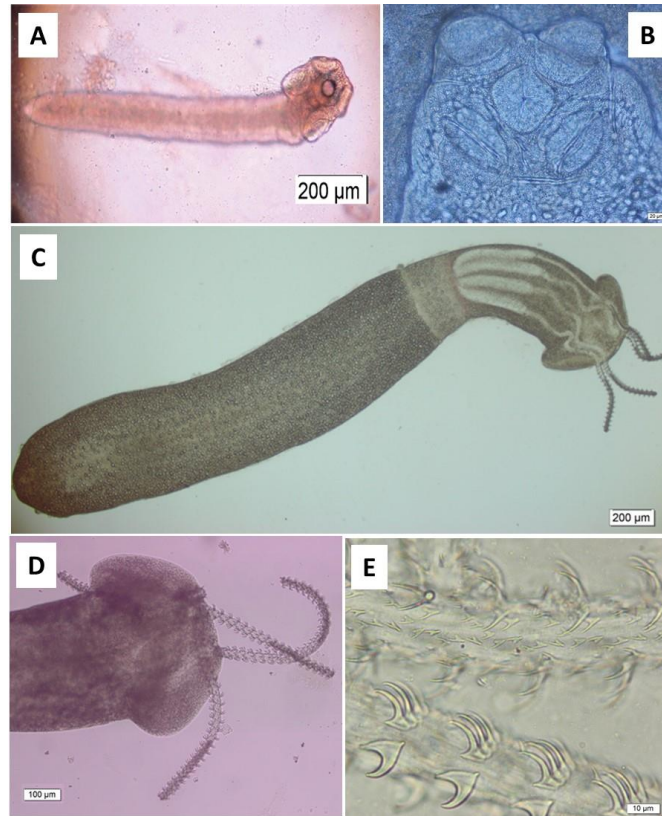


Figure 5. Cestode parasite species (original). **A.** *Scolex pleuronectis* Müller, 1788 (plerocercoid), **B.** bothrial margin of *S. pleuronectis*, **C.** *Progrillotia dasyatidis* Beveridge Neifar & Euzet, 2004; **D.** tentacles of *P. dasyatidis*, **E.** internal end external hooks on tentacles of *P. dasyatidis*.

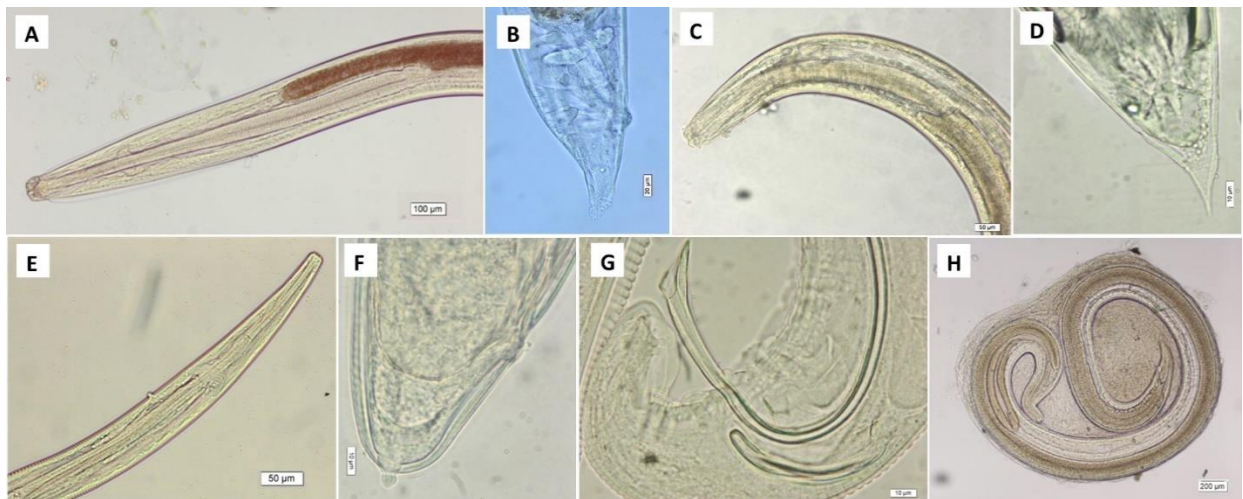


Figure 6. Nematode parasite species (original). **A.** anterior end of *Hysterothylacium aduncum* Rudolphi, 1802, **B.** tail of *H. aduncum*, **C.** anterior end of *H. fabri* (Rudolphi, 1819), **D.** tail of *H. fabri*, **E.** anterior end of *Ascarophis valentina* Ferrer *et al.*, 2005, **F.** tail (female) of *A. valentina*, **G.** tail of (male) of *A. valentina*, **H.** *Contraceacum* sp. (encysted).



Figure 7. *Acanthocephaloides irregularis* Amin, Oğuz, Heckmann, Tepe & Kvach, 2011. **A.** male specimen, **B.** female specimen, **C.** Proboscis, **D.** egg (original).

The parasite fauna of the round goby consisted of 10 species ((Table 2) (Fig. 3A, C, D, G, Figs. 4B, C, Fig. 5, Figs. 6A, B, H, Fig. 7). The trematodes were represented one monogenean by *Gyrodactylus* sp. and four digeneans by *G. lacteum* (met.), *C. concava* (met.), *H. fasciata* and *Prodistomum polonii*. Two species of cestodes were found this host (*S. pleuronectis* and *P. dasyatidis*). The nematodes were represented by two taxa, including one identified species, one taxon identified to genus level (*Contraceacum* sp.). The acanthocephalan *A. irregularis* was also present.

The helminth fauna of the grass goby, *Zosteriosessor ophiocephalus* consisted of 7 species (Table 2, Figs. 4A, B, D, Fig. 5, Figs. 6A, B, Fig. 7). The helminths were represented by two cestode species (*S. pleuronectis* and *P. dasyatidis*), three digeneans including two adult (*H. fasciata* and *L. musculus*) and one metacercariae (*M. skerjabini*), and one nematode (*H. aduncum*) and one acanthocephalan species (*A. irregularis*).

The poorest parasite fauna, 6 species was noted in the red-mouthed goby, *Gobius cruentatus* (Table 2, Figs. 3B, C, D, Figs. 4A, E, Figs. 5A, B, Figs. 6A, B). The helminths were represented by one cestode species (*S. pleuronectis*), four digenean species (adult *Phyllodistomum* sp. and metacercariae *G. lacteum*, *M. skerjabini* and *Metadena* sp.), one nematode species (*H. aduncum*). Monogenean and acanthocephalan species were not recorded.

Two helminth parasite, *Scolex pleuronectis* and *Hysterothylacium aduncum* were determined in five gobiid fishes. Two parasite species occurred in only a host species: *Prodistomum polonii* in the intestine of round goby, *N. melanostomus* and *Phyllodistomum* sp. in the urinary bladder of red-mouthed goby, *G. cruentatus* (Table 2).

Five parasite species, *S. pleuronectis*, *P. dasyatidis*, *H. aduncum*, *G. lacteum* and *Phyllodistomum* sp. played core roles in the helminth parasite faunas of gobies of Sinop coasts of the Black Sea (Table 3). *Scolex pleuronectis* was core in all host except the round goby, *P. dasyatidis* was core in the knout goby and the grass goby, *H. aduncum* was core in knout goby and the red-mouthed goby. Digenean parasites, *G. lacteum* and *Phyllodistomum* sp. were core in the red mouthed goby (Table 3).

Table 2. The helminth parasites of examined gobiid species in the present study (bold data for core species)

Parasite species	<i>Neogobius melanostomus</i> (n: 170)			<i>Mesogobius batrachocephalus</i> (n: 122)			<i>Gobius niger</i> (n: 80)			<i>Gobius cruentatus</i> (n: 5)			<i>Zosterioessor ophiocephalus</i> (n: 6)		
	P	MI±SE	A	P	MI±SE	A	P	MI±SE	A	P	MI±SE	A	P	MI±SE	A
<i>Gyrodactylus</i> sp.	0.6	2.0*	0.01	-	-	-	2.5	1.0 ± 0.0	0.025	-	-	-	-	-	-
<i>G. lacteum</i>	0.6	1.0*	0.005	-	-	-	32.5	2.8 ± 0.9	0.925	20.0	17.0*	3.4	-	-	-
<i>M. skrjabini</i>	-	-	-	4.9	1.5 ± 0.5	0.07	2.5	1.5 ± 0.5	0.037	60.0	2.3 ± 0.6	1.4	33.3	1.0 ± 0.0	0.33
<i>C. concava</i>	0.6	4.0*	0.04	0.8	21.0*	0.17									
<i>Metadena</i> sp.	-	-	-				5.0	2.0 ± 1.0	0.1	80.0	2.3 ± 0.3	2.0	-	-	-
<i>S. bicoronatum</i>	-	-	-	0.8	1.0*	0.008	15.0	5.0 ± 1.7	0.75	-	-	-	-	-	-
<i>H. fasciata</i>	0.6	1.0*	0.005	5.7	4.9 ± 3.7	0.28	6.3	2.4 ± 0.9	0.15	-	-	-	16.7	1.0 ± 0.0	0.17
<i>P. polonii</i>	0.6	1.0*	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. musculus</i>	-	-	-	1.6	1.0 ± 0.0	0.016	-	-	-	-	-	-	16.7	1.0 ± 0.0	0.17
<i>Phyllodistomum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.0	18.0*	3.6	-	-	-
<i>S. pleuronectes</i>	8.2	3.0 ± 0.8	0.25	72.1	43.8 ± 5.2	31.6	67.5	31.4 ± 4.9	21.1	40.0	8.5 ± 7.5	3.4	100	43.7 ± 14.9	43.7
<i>P. dasyatis</i>	1.2	1.0 ± 0.0	0.01	91.8	21.9 ± 1.8	20.1	40.0	1.5 ± 0.1	0.6	-	-	-	66.7	5.3 ± 3.3	3.5
<i>H. aduncum</i>	15.9	2.3 ± 0.5	0.37	49.2	6.9 ± 1.4	3.38	37.5	2.0 ± 0.3	0.75	20.0	12.0*	2.4	16.7	1.0 ± 0.0	0.17
<i>H. fabri</i>	-	-	-	5.7	2.9 ± 0.9	0.16	3.8	1.5 ± 0.5	0.6	-	-	-	-	-	-
<i>A. valentina</i>	-	-	-	0.8	3.0 ± 0.0	0.02	6.3	1.2 ± 0.7	0.075	-	-	-	-	-	-
<i>Contraceacum</i> sp.	4.7	1.0 ± 0.0	0.05	4.1	1.0 ± 0.0	0.04	21.3	1.4 ± 0.1	0.3	-	-	-	-	-	-
<i>A. irregularis</i>	0.6	62.0*	0.37	3.3	1.0 ± 0.0	0.05	11.3	1.6 ± 0.2	0.175	-	-	-	16.7	4.0 ± 0.0	0.67
Totally	24.1	2.9 ± 0.5	1.09	97.5	57.1 ± 4.8	55.9	83.8	29.8 ± 4.5	24.91	100	16.8 ± 6.6	16.8	100	48.7 ± 13.9	48.7
Species richness	10			12			13			6			7		
Shannon index	1.63			0.95			0.75			1.74			0.44		
Species evenness	0.71			0.38			0.29			0.97			0.10		

Explanations: P – prevalence (%); MI – mean intensity; SE – Standard Error; A – abundance; *- detected in only one individual

Table 3. The core, secondary, satellite, and rare species in the helminth parasite faunas of five gobiid species in the study area

Fish Host	Core species	Secondary species	Satellite species	Rare species
<i>N. melanostomus</i>			<i>S. pleuronectis</i> <i>H. aduncum</i> <i>A. irregularis</i>	<i>Gyrodactylus</i> sp. <i>G. lacteum</i> <i>C. concava</i> , <i>H. fasciata</i> <i>P. poloni</i> <i>Contraceacum</i> sp.
<i>M. batrachocephalus</i>	<i>S. pleuronectis</i> <i>P. dasyatitidis</i> <i>H. aduncum</i>		<i>H. fasciata</i>	<i>M. skerjabini</i> <i>C. concava</i> <i>S. bicoronatum</i> <i>L. musculus</i> <i>A. valentina</i> <i>H. fabri</i> <i>Contraceacum</i> sp. <i>A. irregularis</i>
<i>G. niger</i>	<i>S. pleuronectis</i>	<i>G. lacteum</i> <i>S. bicoronatum</i> <i>H. aduncum</i>	<i>P. dasyatitidis</i> <i>H. fabri</i> <i>Contraceacum</i> sp.	<i>Gyrodactylus</i> sp. <i>M. skerjabini</i> <i>Metadena</i> sp. <i>H. fasciata</i> <i>A. valentina</i> <i>A. irregularis</i>
<i>G. cruentatus</i>	<i>S. pleuronectis</i> <i>G. lacteum</i> <i>Phyllodistomum</i> sp. <i>H. aduncum</i>	<i>M. skerjabini</i> <i>Metadena</i> sp.		
<i>Z. ophiocephalus</i>	<i>S. pleuronectis</i> <i>P. dasyatitidis</i>	<i>A. irregularis</i>	<i>M. skerjabini</i>	<i>H. fasciata</i> <i>L. musculus</i> <i>H. aduncum</i>

The species composition of helminth faunas of the five gobiid species differed, and the parasite species richness was variable among the gobiid fishes. The helminth parasite fauna of the red-mouthed goby, which is of Mediterranean origin, differed markedly from those of the four gobies (Table 2). The homogeneity of the helminth fauna was low in grass goby, but it was high in red-mouthed goby (Table 2). The mean infracommunity index (ICI) of the black goby was higher than that of the round goby (Table 4). A high Czekanowski–Sorensen index, indicating a close similarity, was observed in the helminths fauna of the black and knout gobies ($Ic=80.0\%$) (Table 5).

Table 4. The infracommunity index (ICI) for gobiids. The tendencies to join the infracommunity (ICI > 0.30) are in bold.

Parasite species	<i>Neogobius melanostomus</i>	<i>Mesogobius batrachocephalus</i>	<i>Gobius niger</i>	<i>Gobius cruentatus</i>	<i>Zosteriosessor ophiocephalus</i>
<i>Gyrodactylus</i> sp.	0.04		0.01		
<i>G. lacteum</i>	0.04		0.13	0.08	
<i>M. skrjabini</i>		0.02	0.01	0.25	0.13
<i>C. concava</i>	0.08	0.07			
<i>Metadena</i> sp.			0.02	0.33	
<i>S. bicoronatum</i>		0.001	0.06		
<i>Helicometra fasciata</i>	0.02	0.02	0.03		0.06
<i>Prodistomum polonii</i>	0.02				
<i>L. musculus</i>		0.006			0.06
<i>Phyllodistomum</i> sp.				0.08	
<i>Scolex pleuronectes</i>	0.28	0.30	0.27	0.17	0.38
<i>Progrillotia dasyatidis</i>	0.04	0.38	0.16		0.25
<i>H. aduncum</i>	0.53	0.20	0.15	0.08	0.06
<i>H. fabri</i>		0.02	0.01		
<i>A. valentina</i>		0.003	0.03		
<i>Contracaecum</i> sp.	0.17	0.02	0.09		
<i>A. irregularis</i>	1.22	0.01	0.05		0.06
Mean infracommunity	1.34	2.5	2.9	2.4	2.67

Table 5. Czekanowski-Sorensen Index (%) in helminth fauna of five gobiid species in the study area

	<i>Neogobius melanostomus</i>	<i>Mesogobius batrachocephalus</i>	<i>Gobius niger</i>	<i>Gobius cruentatus</i>	<i>Zosteriosessor ophiocephalus</i>
<i>N. melanostomus</i>	100				
<i>M. batrachocephalus</i>	63.6	100			
<i>G. niger</i>	69.6	80.0	100		
<i>G. cruentatus</i>	37.5	33.3	52.6	100	
<i>Z. ophiocephalus</i>	58.8	73.7	60.0	46.2	100

Discussion

To date, fifty-four helminth parasite species have been reported in four gobiid fishes inhabiting the Black Sea coasts (except reported from freshwater) according to data of different authors (Table 6). We found 17 helminth species, 15 of which have been previously reported, but three species (except those defined at the genus level), *Prodistomum polonii*, *Hysterothylacium fabri* and *Ascaroptis valentina* have been noted in gobiid fishes in the Black Sea for the first time.

Although there are many studies on the helminth parasite fauna of four of the gobiid fish investigated in the present study, there is no study on the parasite fauna of the red-mouthed goby, which is of mediterranean origin (Table 6). This investigation is the first on the helminth parasites of *G. cruentatus* in Black Sea coasts. Parasites such as *Scolex pleuronectis* (Radujkovi and Sundic, 2014), *Lecithobirium musculus*, (Bartoli et al., 2005; Radujkovi and Sundic, 2014), *L. grandiporum* (Sey, 1970a),

Hemiurus communis (Papoutoglou, 1976), *G. lacteum* (Culurgioni et al., 2007) and *Contracaecum aduncum* (Sey, 1970b) were earlier reported in *G. cruentatus* in various sites of the Mediterranean coast. We found 6 parasites species, 3 of which had previously been reported in published data, but 3 species, *Magnibursatu skarjabini*, *Phyllodistomum* sp. and *Metadena* sp., were reported from in examined *G. cruentatus* for the first time with this study.

According to previous studies, ten of the listed species, *Galactosomum lacteum*, *Stephanostomum bicoronatum*, *Cardiocephalooides longicollis*, *Grillotia* sp. *Cryptocotyle concavum*, *Cryptocotyle lingua*, *Helicometra fasciata*, *Dichelyne minutus*, *Hysterothylacium aduncum* and *Acanthocephalooides propinquus* were previously observed in the four gobiids from different localities of the Black Sea (Table 6). Overall, these helminth species are typical for the resident gobiids in the Black Sea, but we did not find *C. longicollis*, *Grillotia* sp. *C. lingua*, *D. minutus* and *A. propinquus* during our study. Populations of these helminth with complex life cycles are closely related to the distribution of their first intermediate hosts. Since these helminth previously been reported from other localities in the Black Sea, the reason for the absence of these parasites in our study can be explained by the differences in the local intermediate host fauna or the density of the populations of intermediate host.

To the best of our knowledge, the occurrence of *M. skarjabini* in the knout, black and red-mouthed gobies, and *L. musculus* in the knout goby, and *S. pleuronectis* in grass goby, and *P. dasyatidis* in the round, knout and grass gobies, and *A. irregularis* in the knout and black gobies are reported for the first time in this study. Thus new hosts added to the host list above mentioned of helminth parasites.

Although number of helminth species showed significant differences in parasitization among different gobiid species, their Indices of Czekanowski-Sørensen revealed overall similarity (Table 5). However, the red-mouthed goby was clearly different. The red-mouthed goby possessed lower numbers of parasites (6 species), and higher degrees of infection prevalence according to other gobiids.

The Czekanowski-Sorensen index (ICS) showed that the helminth fauna of the red-mouthed goby was quite different from the helminth fauna of the other goby. The red mouthed goby and grass goby parasites had the least similarity (Ics: 33.3%) (Table 5). This may be due to the Mediterranean origin of the migratory red-mouthed goby in the Black Sea fauna. Therefore, the infection indices of the red-mouthed goby were different from most native gobiid species.

The results of the present study indicated that the species composition of the helminth fauna of the four gobiid fishes from the southern coastal region of the Black Sea different from those reported from various sites of the northern coastal zone of the Black Sea.

Table 6. List of the helminth parasites reported from five gobiid fishes in the Black Sea coasts (except reported from freshwater)

	<i>Neogobius melanostomus</i>	<i>Mesogobius batrachocephalus</i>	<i>Gobius niger</i>	<i>Gobius cruentatus</i>	<i>Zosteriosessor ophicephalus</i>
MONOGENEA					
<i>Gyrodactylus flesi</i>	4, 5		4, 5		
<i>G. proterorhini</i>	4, 5, 10		4, 5		4, 5
<i>G. alviga</i>	4, 5				
<i>Gyrodactylus</i> sp.	PS		PS		
DIGENEA					
<i>Metadena pauli</i>	4	4			
<i>Metadena</i> sp.			PS	PS	
<i>Galactosomum lacteum</i>	4, PS	4	4, PS	PS	4

<i>Stephanostomum bicoronatum</i>	4	4, PS	4, PS		4
<i>Cryptocotyle concava</i>	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, PS	4, 6, 8, 9, PS	4, 8, 9		1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11
<i>Cryptocotyle lingua</i>	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11	6, 8, 9	8, 9		3, 7, 8, 9
<i>Magnibursatus skryabini</i>		PS	PS	PS	11, PS
<i>Helicometra fasciata</i>	4, PS	4, PS	4, PS		4, PS
<i>Prodistomum polonii</i>	PS				
<i>Lecithochirium musculus</i>		PS			4, PS
<i>L. floridense</i>		4			
<i>L. branchialis</i>			4		
<i>Lecithochirium</i> sp.	4				
<i>Phyllodistomum</i> sp.				PS	
<i>Acanthostomum imbutiforme</i>	2, 4		4		2, 4, 8, 7
<i>Acanthostomum</i> sp.	4		4		4
<i>Ascacotyle</i> sp.	10				
<i>Asymphylodora pontica</i>	2, 9				2
<i>Bacciger bacciger</i>			4		
<i>Pronoprymna ventricosa</i>	4		4		4
<i>P. petroni</i>	4		4		4
<i>Proctoeces maculatus</i>			4		
<i>Pygidiopsis geneta</i>	2, 3, 8, 7, 10, 11				3, 7, 8
<i>Timoniella imbutiforme</i>	9, 11				9
<i>Aponurus tschugunovi</i>		4			
<i>Arnola microcirrus</i>		4			
<i>Diphtherostomum brusinae</i>		4	4		4
<i>Bucephalus marinum</i>	4		4		
<i>Bucephalus polymorphus</i>	6, 8				
<i>Cardiocephaloides longicollis</i>	4	4	4		4
CESTODA					
<i>Scolex pleuronectis</i>	4, PS	4, PS	4, PS	PS	PS
<i>Progrillotia dasyatidis</i>	PS	PS	13, PS		PS
<i>Grillotia</i> sp. (<i>erinaceus</i> ?)	4	4	4		4
Table 6. continued.					
	<i>Neogobius melanostomus</i>	<i>Mesogobius batrachocephalus</i>	<i>Gobius niger</i>	<i>Gobius cruentatus</i>	<i>Zosteriosessor ophicephalus</i>
<i>Protocephalus gobiorum</i>	6, 8				2, 3, 8, 11
<i>Protocephalus subtilis</i>					7, 8
NEMATODA					
<i>Hysterothylacium aduncum</i>	10, PS	4, PS	4, 12, PS	PS	4, PS
<i>H. fabri</i>		PS	PS		
<i>H. filiforme</i>		4			
<i>Ascarophis valentina</i>		PS	PS		
<i>Ascarophis prosper</i>		4			
<i>Ascarophis</i> sp.	4		4		
<i>Contraceacum</i> sp.	PS	PS	PS		
<i>Contraceacum microcephalum</i>	7, 8				
<i>Contraceacum rudolphi</i>	8	6, 8			
<i>Spinetectus tamari</i>		4			
<i>Eustronylides excisus</i>	3, 6, 8	6, 8			

Öztürk, Türkyay & Güven, Arzu The Helminth Fauna of Gobiid Fishes (Gobiidae) of Sinop Coasts of the Black Sea

<i>Streptocara crassicauda</i>	2, 3, 6, 8, 9	8, 9			2,3, 8
<i>Dicelyne minutus</i>	2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11	4, 8, 9	4, 8, 9		2, 3, 4, 7, 8, 9
<i>Cucullanus heterochrous</i>	4		4		
<i>Spiroxys</i> sp.	10				
<i>Raphidascaris</i> sp.	8				8
ACANTHOCEPHALA					
<i>A. irregularis</i>	11, PS	PS	PS		11, PS
<i>A. propinquus</i>	3, 4, 7, 8, 9	4, 8, 9	4, 8, 9		3, 4, 7, 8, 9
<i>Acanthocephalus lucii</i>	8				
<i>Neoechinorhynchus rutili</i>	10				
<i>Telosentis exiguus</i>	2, 4, 8, 9				2, 7, 9, 11
Total	43	29	30	6	30

1. Kvach (2001), 2. Kvach (2002a), 3. Kvach (2002b), 4. Gaevskaya and Kornychuk (2003), 5. Harris et al. (2004), 6. Kvach (2004a), 7. Kvach (2004b), 8. Kvach (2005), 9. Kvach (2007), 10. Özer (2007), 11. Krasnovyd et al. (2012), 12. Tepe and Oğuz (2013), 13. Tepe et al. (2014), **PS**. Present study

References

- Bartoli, P., Gibson, D. I., & Bray, R.A. (2005). Digenean species diversity in teleost fish from a nature reserve off Corsica, France (Western Mediterranean), and a comparison with other Mediterranean regions. *Journal of Natural History*, 39(1), 47–70. doi:10.1080/00222930310001613557
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., & Shostak, A.W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms. Margolis et al revisited. *Journal of Parasitology*, 83(4) 575-583. <https://doi.org/10.2307/3284227>
- Culurgioni, J., D'Amico, V., & Figus, V. (2007). Metacercariae of *Galactosomum lacteum* (Jägerskiöld, 1896) Looss, 1899 (Heterophyidae) from marine teleosts in the Gulf of Cagliari (southern Sardinia, Italy). *Journal of Helminthology*, 81(4), 409-413. doi:10.1017/s0022149x07862912
- Engin, S., & Seyhan, K. (2009). Biological characteristics of rock goby, *Gobius paganellus* (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae), in the south-eastern Black Sea. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, 39(2), 111–118. doi: 10.3750/AIP2009.39.2.05
- Gaevskaya, A. V., & Korniyuchuk, Y. M. (2003). Parasitic organisms as a component of ecosystems of the Black Sea near-shore zone of Crimea. In: Modern condition of biological diversity in near-shore zone of Crimea (the Black Sea sector) In: VN Eremeev AV, Gaevskaya (Eds.), NAS Ukraine, Institute of Biology of the Southern Seas. EKOSI, Gidrophizika. Sevastopol.
- Güven, A. & Öztürk, T. (2018). Metazoan parasite faunas of three gobiid species (Actinopterygii: Gobiidae) inhabiting the Lower Kızılırmak Delta in Samsun: a comparative study. *Turkish Journal of Parasitology*, 42(1), 33-38. doi: 10.5152/tpd.2018.5635
- Harris, P. D, Shinn, A. P., Cable, J., & Bakke, T.A. (2004). Nominal species of the genus *Gyrodactylus* von Nordmann 1832 (Monogenea: Gyrodactylidae), with a list of principal host species. *Systematic Parasitology*, 59(1), 1-27. doi: 10.1023/B:SYPA.0000038447.52015.e4
- Korniyuchuk, Y. M., Pronkina, N. V., & Belofastova, I. P. (2008). Nematode fauna of the round goby, *Apollonia (Neogobius) melanostomus* in the Black Sea and the Sea of Azov. *Ekologiya Morya*, 76, 17-22.
- Krasnovyd, V., Kvach, Y., & Drobinia, O. (2012). The parasite fauna of the gobiid fish (Actinopterygii, Gobiidae) in the Sukhyi Lyman, Black Sea. *Vestnik Zoologii*, 46(6), e1-8. doi:10.2478/v10058-012-0041-x
- Kvach, Y. (2001). Helminthes of gobies from the Tuzly's Lagoons (north-western part of the Black Sea). *Oceanological Studies*, 30(3-4), 103-113.
- Kvach, Y. (2002a). Helminthes of goby fish of the Hryhoryivsky Estuary (Black Sea, Ukraine). *Vestnik Zoologii*, 36(3), 71-76.
- Kvach, Y. (2002b). Helminths parasitising gobies and other fishes in the Budaksky Lagoon (Black Sea, Ukraine). *Oceanological Studies*, 31(1-2), 59-65.
- Kvach, Y. (2004a). The metazoa parasites of gobiids in the Dniester Estuary (Black Sea) depending on water salinity. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 33(3), 47-56.
- Kvach, Y. (2004b). The helminth fauna of gobiid fishes (Gobiidae) from the Tyligul Estuary of the Black Sea. *Visnik L'vivs'kogo Universitetu, Biology Series*, 37, 144-148.

- Kvach, Y. (2005). A comparative analysis of helminth faunas and infection parameters of ten species of gobiid fishes (Actinopterygii: Gobiidae) from the north-western Black Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 35(2), 103-110. doi:10.3750/AIP2005.35.2.06
- Kvach, Y. (2007). The helminth fauna of gobies (Gobiidae) of the Gulf of Odessa of the Black Sea. *Vestnik Zoologii*, 41(3), 207-211.
- Özer, A. (2007). Metazoan parasite fauna of the round goby *Neogobius melanostomus* Pallas, 1811 (Perciformes: Gobiidae) collected from the Black Sea coast at Sinop, Turkey. *Journal of Natural History*, 41(9-12), 483-492. <https://doi.org/10.1080/00222930701234361>
- Papoutoglou, S. E. (1976). Metazoan parasites of fishes from Saronicos Gulf Athens-Greece. *Thalassographica*, 1(1), 69-102.
- Radujkovic, B. M. & Sundic, B. (2014). *Parasitic Flatworms (Platyhelminthes: Monogenea, Digenea, Cestoda) of fishes from the Adriatic Sea*. Natura Montenegro.
- Sey, O. (1970a). Parasitic Helminths occurring in Adriatic fishes, part II (Flukes and Tapeworms). *Acta Adriatica*, 13(6), 1-16.
- Sey, O. (1970b). Parasitic Helminths occurring in Adriatic fishes, part III (Nematodes, Acanthocephala). *Acta Adriatica*, 13(7), 1-16.
- Sorensen, T. A. (1948). A new method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of vegetation on danish commons. *Biologiske Skrifter*, 5, 1-34.
- Tepe, Y., & Oğuz, M.C. (2013). Nematode and acanthocephalan parasites of marine fish of the eastern Black Sea coasts of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 37(6), 753-760. doi:10.3906/zoo-1206-18
- Tepe, Y., Oğuz, M. C., & Heckmann, R. A. (2014). Digenean and cestode parasites of teleost fish from the Eastern Black Sea Region. *Turkish Journal of Zoology*, 38(2), 209-215. doi:10.3906/zoo-1205-5
- Yankova, M., Pavlov, D., Ivanova, P., Karpova, E., Boltachev, A., Bat, L., Oral, M., & Mgeladze, M. (2013). Annotated check list of the non-native fish species (Pisces) of the Black Sea. *Journal of the Black Sea Mediterranean Environment*, 19(2), 247-255.
- Zander, C. D. (2004). Four-year monitoring of parasite communities in gobiid fishes of the south-western Baltic. II. Infracommunity. *Parasitology Research* 93: 17-29. doi: 10.1007/s00436-004-1087-7
- Zander, C. D., Reimer, L. W., Barz, K., & Dietel, G. (2000). Parasite communities of the Salzhaff (Northwest Mecklenburg, Baltic Sea) II. Guild communities, with special regard to snails, benthic crustaceans, and small-sized. *Parasitology Research*, 86(5), 359-372.
- Zander, C. D., Strohbach, U., & Groenewold, S. (1993). The importance of gobies (Gobiidae: Teleostei) as hosts and transmitters of parasites in the sw Baltic. *Helgolander Meeresunters*, 47: 81-111. doi:10.1007/bf02366186

**Current Debates on Natural
and Engineering Sciences**

2

