Doğa ve Mühendislik Bilimlerinde Güncel Tartışmalar

7

Hikmet Y. ÇOĞUN
Hasan ÜZMUŞ
İshak PARLAR



Bütün Yayın Hakları Saklıdır

Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

ISBN: 978-625-7799-74-4

1.Baskı

25 Aralık 2022

Doğa ve Mühendislik Bilimlerinde Güncel Tartışmalar 7

Türkçe ve İngilizce yayın hakları Bilgin Kültür Sanat Yayın Dağıtım Pazarlama Ltd. Şti.'e aittir. Fikir ve sanat eserleri yasası gereğince yazılı izin alınmadan kısmen ya da tamamen alıntı yapılamaz, hiçbir şekilde kopya edilemez, çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.

Editörler

Hikmet Y. ÇOĞUN

Hasan ÜZMUŞ

İshak PARLAR

Yayınlayan

Engin DEVREZ

Bilgin Kültür Sanat Yayınları

Sertifika No: 20193

Selanik Cd. No: 68/10 06640 Kızılay / Ankara

Telefon: 0 (312) 419 85 67 – Fax: 0 (312) 419 85 68

https://www.bilginyayinevi.com



İçindekiler

Bert Algoritması Kullanarak Duygu Analizi 7

Fatih ŞAHİN 7

Mayo Ürünlerinde Kullanılan Tekstil Malzemeleri ve Özellikleri 11

Ecehan Gökçe TEMEL 11

Gülden TURHAN 11

Abdulkadir PARS 11

İlişki Kalitesi ve Elektronik Müşteri İlişkileri Yönetimi 27

Alev SÖKMEN 27

Mehmet BAŞ 27

Somaklonal Varyasyon ve Patates Islahında Kullanımı 48

Nüket ALTINDAL 48

Mikroplastikler ve İnsan Yaşamına Etkileri 57

Neslihan YOLASIĞMAZOĞLU 57

Afetlerde Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Yazılımı Kullanımı : Slosh Modelin Çalışma Prensibi 66

Haydar KEPEKÇİ 66

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Afet Yönetiminde Kullanımı Üzerine Bir Değerlendirme 75

Samet TOSUN 75

Küresel Isınma ve İklim Değişikliklerinin Tarımsal Üretime ve Mısır (*Zea Mays* L.) Bitkisinin Gelişimi İle Ürün Oluşumuna Olası Etkileri 84

Abdullah ÖKTEM 84

Ayşe Gülgün ÖKTEM 84

Uyarlamalı Sinirsel Çıkarımlı Bulanık Mantık (Anfıs) Tabanlı Tek Bölgeli Yük-Frekans Kontrolü 104

Mehmet KARAYEL 104

Çağatay ERSİN 104

Biyomimikri Biliminin Mekân Tasarımına Etkisi: Earthship 119

Ayşe Gülçin URAL 119

Murat Dağının Genel Tanıtımı, Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanımı 139

Hasan Basri KARAYEL 139

Kaplamasız Yol Alt Temellerinin Stabilizasyonunda Geocell ve Kireç Kullanımının Karşılaştırılması 149

Erhan Burak PANCAR 149

Aytuğ KUMANDAŞ 149

Bentonitin Genleştirilmiş Kil Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması 163

Mustafa EKEN 163

Örme Tekstil Yüzeylerinin Boncuklanma Performansına Etki Eden Kumaş Parametrelerinin İncelenmesi 171

Devrim DEMİRAY SOYASLAN 171

Hplc-Ms/Ms İle Piyasada Satılan Bazı Enerji İçeceklerinin İçeriğinde Bulunan Kafein Ve Taurin Miktarlarının Belirlenmesine Yönelik Metot Geliştirilmesi 177
Ayşegül TÜRKER 177
Taner ERKAYMAZ 177
A. Hakan AKTAŞ 177
Türkiye Tarımında Örgütlenme Yapısı 187
Ahmet ÖZÇELİK 187
Yumurta Akı Proteinleri ve Fonksiyonel Özellikleri 206
Cemalettin SARIÇOBAN 206
Büşra Nur GÜNDOĞAN 206
Miyopati ve Normal Elektromiyogram (Emg) Verilerinin Tespitinde Sınıflandırıcı Algoritmalarının Performans Analizi 223
Erdem TUNCER 223
"Nar Tanesi Yahut Düzme Keloğlan" Masalında Kahramanın Sembolik Yolculuğu 229
Ferhat ÖZMEN 229
Sağlık Sisteminde İyi Yönetişimin Boyutları 235
Mail ÖZÇELİK 235
Yapay Zekâ Teknolojileri İle Elektronik Ticarette Marka Değeri Yaratmak 250
Nevzat ZENGİN 250
Fatma ULU 250
Tornalama Operasyonlarında Kesme Kuvveti Tahmini İçin Anfis ve Regresyon Analizi 260
Ömer ASAL 260
Hakan DİLİPAK 260
Yunus KAYIR 260
$\boldsymbol{D}$-Konformal Eğrilik Tensör Alanına Sahip $\boldsymbol{\alpha}$-Kenmotsu Pseudo Metrik Manifoldlar 274
Hakan ÖZTÜRK 274
Sermin ÖZTÜRK 274
Deprem Etkisindeki Tek Serbestlik Dereceli Bir Binanın Kolonlardaki Çatlakların Sistem Cevaplarına Etkisi 285
Hüseyin AGGÜMÜŞ 285
Mehmet HASKUL 285
Abdullah TURAN 285
Uçak Tiplerinin Tespiti ve Sınıflandırılmasında Derin Öğrenme Yaklaşımı 292
Muammer AKÇAY 292
Tolgahan Çobanoğlu 292
Sürtünme Kaynağı Yöntemi İle Çeşitli Kaynak Yöntemlerinin Karşılaştırılması 296
Hamid ZAMANLOU 296

Filiz KARABUDAK 296
Onur Kazım ATEŞ 296
Grafen Oksit Sentezi ve Fourıer Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrum Analizi 312
Ömer LAÇİN 312
Osteoporotik Omurga Kompresif Kırıklarının Tedavisinde Perkütan Yöntemler 330
Engin YÜCEL 330
Kısa Konsolların Maliyet Optimizasyonunda Bazı Sezgisel Algoritmaların Başarımı 335
Hasan Tahsin ÖZTÜRK 335
Polimer Malzemelerin İşlemesinde Co_2 Lazer Kullanımı ve Kesme Parametrelerinin Seçimi 345
Yusuf FEDAİ 345
Hemzemin Yüzey Oluşturan Farklı Döşeme Kaplama Malzemeleri Birleşim Yerlerinin Tipleştirilmesi 364
Soner MAZLUM 364
Çağla ÇOLAK 364
Termoreaktif Difüzyon ve Literatür Uygulamaları 387
Ali İhsan BAHÇEPINAR 387
İbrahim AYDIN 387
Genetik Algoritmalar 394
Emrullah GAZİOĞLU 394
Yalın Üretim Sistemi ve Bir Firmada Uygulaması 408
Ediz ATMACA 408
Tarımsal Mekanizasyon Alanında Mühendislik 423
Yunus IŞILDAR 423
Recep Onur UZUN 423
Makine Öğrenimi ve Teknikleri 434
Rasim ÇEKİK 434
Mehmet HASKUL 434
Emrullah GAZİOĞLU 434
Kurkuminin Terapötik Etkisini Artırmak İçin Mezogözenekli Silika Malzemeler 447
Yaşar GÖK 447
Halil Zeki GÖK 447
Soğuk Şekillendirilmiş Çelik Yapı Elemanları 460
Gülhan İNCE 460
Hüseyin Hakan İNCE 460
Ağırlıklı Derece Kırchhoff İndeksi İçin Yaklaşımlar 475
Gülistan KAYA GÖK 475
Seramik Malzemeler İçin Sol-Jel Yöntemi ve Uygulamaları 486

OĞUZHAN AVCIATA 486
Isı Eşanjörlerinde Gravıty ve Radyasyon Etkisi 507
Mehmet Akif KARTAL 507
KIRSAL ALANDA KAMULAŞTIRMA SORUNLARI 516
Fazıl NACAR 516
Twitter Kullanıcılarının Siber Suçlara Yönelik Duygularının Veri Madenciliği Aracılığı İle İncelenmesi 537
Bülent Semih ÇİĞDEMLİ 537
Mehmet Cabir AKKOYUNLU 537
İnsan Tibia Kemiğinde Ortaya Çıkacak Mekanik Davranışların Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Analizi 555
Lokman YÜNLÜ 555
Mehmet GÖKBAYRAK 555
Arslanlı (Seyitömer/Türkiye) Sahası Bitümlü Kayaçlarında Redoksa Duyarlı, Organofilik, Detritik ve Karbonat Minerali Oluşturan Elementlerin Zenginleşmeleri 565
Ali Sarı 565
Öncü ARSLAN 565
Berna YAVUZ PEHLİVANLI 565
Network Cihazlarında Güvenlik 579
Mertcan DEMİRCİ 579
Gül Fatma TÜRKER 579
Hazır Giyim Üretimde Uygulanabilecek Üretim Sistemleri 591
Alime Aslı İLLEEZ 591
Kişisel Hava Araçlarının Tarihçesi 601
Saltuk Alper YAŞAR 601
İhsan KORKUT 601
Bulanık Mantık ve Uygulama Alanları 630
Öznur SUÇEKEN 630
Gül Fatma TÜRKER 630
Bulanık Mantıkla Uçağın İniş Kontrol Problemi 635
Klima Sistemlerinin Bulanık Mantıkla Kontrolü 635
Bulaşık Makinelerinde Bulanık Mantık Çözümü 635
Lojistik Regresyon Yardımıyla Buğday Türü Tayini 641
Arzu ALTIN YAVUZ 641
Farklı Beton Tiplerinin Teorik Radyasyon Perdeleme Özelliklerinin Belirlenmesi 652
Adnan KÜÇÜKÖNDER 652
İbrahim ALKILINÇ 652
Başak ZENGİN 652

Bert Algoritması Kullanarak Duygu Analizi

Fatih ŞAHİN[1]

GİRİŞ

Bilgi iletişim teknolojilerinin hızla gelişmesi, internete erişimin kolaylaşması ve sosyal ağların kullanımı ile; hayatımız da radikal değişiklikler meydana gelmiştir. Bu değişimlerin başında da bilgiye ulaşma hızı ve bilgi yelpazesinin genişliği gelmektedir. İnsanlar artık herhangi bir yerde her hangi bir konu hakkında çok hızlı bir şekilde çok fazla kaynağa ulaşabiliyor. İnternetin yaygınlaşması ile birlikte veriye ulaşma hızının artmasının yanında verinin çoğalması ve verinin önemi de ön plana çıkmıştır.

Özellikle veri deposu gibi görülebilecek sosyal medya platformlarında milyarlarca insanlar kendi istekleri ile yaşadıkları yerler, hobileri, eğitimleri, işleri, gittikleri yerler, ürünler ya da konular hakkında görüşlerini/yorumlarını ve daha birçok etkileşimini bu ortamlarda metinsel veya görsel objeler ile paylaşmaktadır. Bu durumda şirketlerin, siyasilerin, devletlerin, sivil toplum kuruluşları gibi birçok bir amaca yönelik oluşumun ilgisini çekmiş ve bu alanda onlarca çalışma yapmışlardır.

Günümüzün büyük şirketleri inceleyecek olursak sundukları hizmetin içerinde kendilerine ait hiçbir içerik bulunmamaktadır örneğin YouTube'da milyonlarca video varken kendilerine ait neredeyse hiç video bulunmamaktadır tamamen kullanıcıların ürettiği içerikler üzerinden gelir elde etmektedir aynı durum Facebook, Twitter, Instagram vb birçok dev şirket içinde geçerlidir.

Sosyal medya ortamlarında içeriğin (verinin) etkisi o kadar büyüktür ki daha önce hiç tanımadığımız ücra bir köşedeki herhangi birini bir anda milyonların tanıdığı biri haline çevirirken dünyaca tanınmış birini de tam tersi etki ile bir anda unutturabilir, ülkeler de hükümetleri değiştirme, şirketleri iflas ettirme ya da bir anda gelir patlaması yaptırma gücüne sahiptir. Bu durum araştırmacıların ilgisini çekmiş ve yüzlerce sosyal medyada ki veriler üzerinden araştırma-geliştirme yapılmış ve sosyal medya madenciliği denen yeni bir işkolu doğmuştur.

Çalışmama konu olacak olan sosyal ağlardan Twitter daha çok blog tarzında insanların etkileşim kurdukları platformdur. Günümüzde neredeyse her insanın hatta her şirketin, sivil toplum kuruluşunun, siyasinin, ünlü insanların, kamu kurumlarının ve hatta devletlerin bu platformda hesapları bulunmaktadır. Binlerce konuda milyarlarca etkileşimin günlük olarak gerçekleştiği devasa bir veri kaynağıdır. Bu araştırma; bir metin madenciliği yöntemi olan duygu analizi ile belirlediğimiz hashtagler de ki Twitter paylaşımlarını incelemeyi, buradaki paylaşılmış metinler ile ilgili duygu durumlarını belirlemeyi ve bu duyguları ölçmeyi amaçlamaktadır. Bu araştırmanın hedefinde belirlenen hashtag içerisinde genel kanının olumlu mu olumsuz mu olduğunu yorumlamak için yapılmıştır. Burada sosyal medyanın tepkilerinin ölçülebilir olması hedeflenmiştir.

1.BERT Algoritması

Google şirketinin yapay zeka bölümü çalışanları Devlin ve arkadaşları tarafından yazılan BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding adlı makale ile geliştirilen BERT (Bidirectional Encoder Representation form Transformers, Dönüştürücülerden Çift Yönlü Kodlayıcı Temsilleri) ön eğitimli bir dil algılama modeli duyurulmuştur (Devlin ve Chang, 2018). BERT modeli, soru cevaplama, diller arası çeviri yapma,

[1] Nişantaşı Üniversitesi

sonraki cümleyi tahminleme, doküman özeti çıkarma gibi DDİ problemlerine çözümler geliştirmektedir (Devlin ve diğerleri, 2019: 2). Google arama motorunda da kullanılmaya başlanan bu dil modeli, Google üzerinde yapılan aramaların daha sağlıklı bir şekilde sonuçlar verebilmesi için bir dil modeli ile çalışılmış ve çözüm sağlanmıştır.

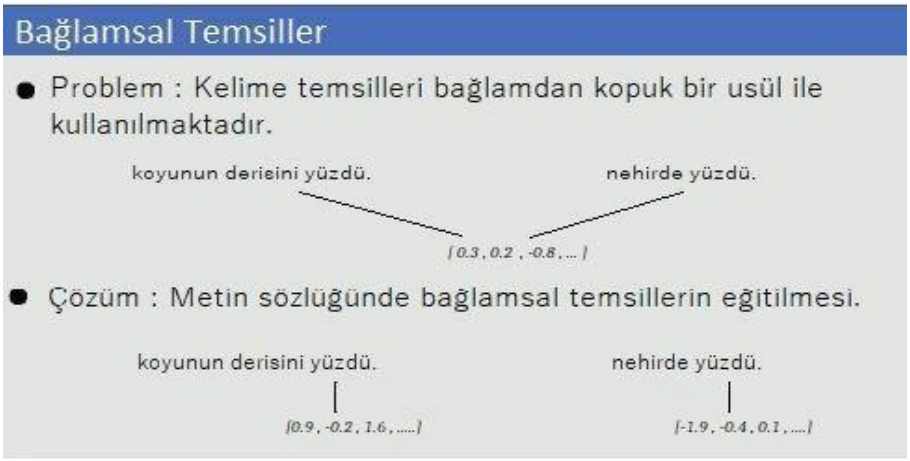
Açık kaynak kodlu olarak oluşturulan bu dil modelini kullanarak, BERT modelinin geliştirildiği dil olan İngilizce dışında diğer dillere özel modeller de geliştiriciler tarafından oluşturulabilmektedir. BERT modelinin ön eğitim safhasında İngilizce kitaplardaki metinlerin veri kütüphanesi olan BookCorpus (800 Milyon kelime) ve İngilizce Wikipedia veri kaynağı (2.500 Milyon kelime) kullanılmıştır.

Wikipedia verisinde sadece metinsel ifadeler alınmış, liste ve tablo gibi metin dışı veriler göz ardı edilmiştir (Devlin ve diğerleri, 2019: 5).

Bu modelin önceki modellere göre en büyük özellikleri şunlardır:

a.BERT Cümleleri Her İki Yönden Taramaktadır: Benzer diğer modellerde ve Google ait daha önceki word2vec modelinde cümleler sadece sağ ya da sol yönünde taranıyordu ve bu cümlenin bütünü hakkında daha net ve anlaşılır verinin sağlanamamasına neden oluyordu. BERT her iki yönde tarama yaparak cümlenin bağlamı algılamaktadır.

b.BERT Kelimeleri Bağlamsal Anlamlarına Göre Değerlendirmektedir: Hem her iki yönde tarama yapabilmesi hem de kelime parçacıklarını maskeleyerek tahminlemeye çalışmaktadır. Maskelenen kelimenin anlamını bağlam içinde kullanılma olasılığı olan kelimeleri seçerek kelimeleri bağlamsal anlamları ile değerlendirir. Şekil 1'te "*koyunun derisini yüzdü*" cümlesi ile "*nehirde yüzdü*" cümlesindeki "*yüzdü*" kelimesinin farklı sayısal değerlerde gösterilmiş olduğu görüntülenmektedir. "*yüzdü*" kelimesi iki cümle içerisinde de farklı anlama sahiptir. BERT kelimelerinin anlamını cümlenin anlamına bağlı olarak algılayabildiği için aradaki farkı algılayarak kelime temsilinde farklı vektör değerleri üretmektedir.



Şekil 1: BERT Bağlamsal Kelime Gösterimi Çözümü İçin Bir Örnek

Kaynak: Chadha, 2021

BERT soldan sağa dil modeli ön eğitiminden farklı olarak maskeli dil modeli (Masked Language Model, MLM), sol ve sağ bağlamı birleştirerek derin bir çift yönlü dönüştürücünün ön eğitimini sağlar (Devlin ve diğerleri, 2019: 2). BERT ön eğitiminde cümlelerdeki kelimelerin belirli bir kısmı maske parçacığı (MASK) ile gizleyerek modelin tahmin ederek öğrenmesi sağlanır. Bu öğrenme esnasında hem soldaki hem de sağdaki bağlam edinilmiş olduğu için çift yönlü bağlamı göz önünde bulundurarak model eğitilmiş olur.

BERT dil modelinde ilk aşama girdilerin parçalara ayrılarak vektörlendirildiği alandır. Bu aşamadan sonra katmanlara ayrılmış bir fiziki yapı içerisinde dil işleme işlemleri gerçekleştirilir.

Girdiler her cümle başına 768 adet vektör değeri içeren vektör matrisleri şeklinde modele iletildikten sonra, 64 adet vektör değeri içerecek şekilde 12 parçaya bölünerek katmanlara iletilmektedir. Dikkat mekanizması, ileri besleme ve çıktı serisi katmanlarında işlenmektedir (Devlin ve diğerleri, 2019: 3).

İlk aşamada girdilerin parçalarına ayrılması gerekmektedir. Bu aşamada BERT içerisinde tokenizasyon için WordPiece modeli mevcuttur. WordPiece modeli ile cümleler kelime parçacıklarına ayrıştırılmaktadır.

2.Analiz Süreci

Veriler BERT Tokenizer modeli ile sayısal olarak temsil edildikten sonra BERT modeli ile verilerin temsilleri sonuçlandırılmıştır.

BERT Modelinden alınan sonuçlar negatif/pozitif skorlarına göre etiketlenmiştir. Eğitim ve test vektörleri bir matris düzeninde negatif olan değerler -1, nötr değerler 1 ve pozitif olan değerler 2 ile çarpılarak etiketlenmiş ve birleştirilerek eğitim aşamasına hazır hale getirilmiştir.

3.Sonuç

Zamanımızın en kıymetli madeni olan veri içeresinde metinsel olanlar için doğal dil işleme özelliği ve BERT Modeli kullanılarak bu maden anlamlaştırılmış ve bir değerli haline getirilmiştir. Veriler anlamlaştırıldığı zaman birçok alanda ya da birçok eylemin gelişmesine, büyümenin hızlanmasına katkı sağlayacaktır.

Araştırmamızda verilen kelime içerisinde bulunan tweetleri analiz edilmiş doğal dil işleme yöntemi kullanılarak metinsel ifade olan tweetlerin duygu analiz skorları çıkarılmıştır. Belirtilen kelimenin istatistiksel görünümleri çıkarılabilir ve genel kanının hangi duygu yönünde olduğu anlaşılabilir. Bu durum bir ürün üzerinde denendiğinde o ürünün kullanıcılar tarafından nasıl algılandığı yönünde çok ciddi datalar sunuyor olacaktır. Yapılan geliştirmelerde BERT Modelinin verimli olduğu ve skorlamada oldukça başarılı çalıştığı görülmüştür.

Kaynakça

Devlin, J. Chang, M. W. Lee, K. ve Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. arXiv Preprint. arXiv:1810.04805v2. 1-16.

Chadha, A. (11 Şubat 2021). Understanding SoTA Language Models (BERT,

RøBERTA, ALBERT, ELECTRA). http://ankitai.blogspot.com/2021/02/understanding-state-ofart-language.html (15.07.2021).

Devlin, J. Ve Chang, M.W. (2 Kasım 2018). Open Sourcing BERT: State-of-the-Art Pre-training for Natural Language Processing. https://ai.googleblog.com/2018/11/open-sourcing-bert-state-of-artpre.html,(19.06.2021).

IBM Watson Solutions for Machine Learning: Achieving Succesful Results Across Computer Vision, Natural Lannguage Processing

Artificial Intelligence A Modern Approach, Fourth Edition, Stuart.J. Russle and Peter Norvig (ISBN 10: 1-292-40113-3)

Mayo Ürünlerinde Kullanılan Tekstil Malzemeleri ve Özellikleri

Ecehan Gökçe TEMEL[1]
Gülden TURHAN[2]
Abdulkadir PARS[3]

GİRİŞ

Kumaşların tasarımına giren teknoloji fark yaratır ve mayo kumaşı buna sadece bir örnektir. Büyük mayo markaları, ürünleri için hangi kumaşların en uygun olduğuna karar vermek için çok zaman harcamakta ve çalışmaktadır. Çoğu zaman, elde etmeye çalışılan amaca bağlı olarak çeşitli liflerden oluşan farklı kumaşlardan değişik stillerde mayolar üretilmiştir. Suda sorunsuz bir şekilde yüzmek istendiğinde, mayonun kumaşı ve bileşimi fark yaratacaktır. Her tekstil malzemesi, kişiye ve uzmanlık düzeyine bağlı olarak suyun içindeyken farklı hissettirecek ve uyum sağlayacaktır. Ek olarak, farklı kumaşların farklı yaşam döngüleri vardır. Bir mayo vücuda daha iyi uyumlu iken, diğeri daha uzun ömürlüdür. Yüzme aktivitesinde en iyi mayoyu bulmak, spordaki veya yarıştaki başarınız için önemlidir. Değişik malzeme karışımları kullanılarak yüzme mayolarının her birine değişik özellikler katmak amaçlanır. Bu çalışmada mayoların içerdiği tekstil malzemeleri ve özellikleri bakımından sürdürülemez mayolar, sürdürülebilir mayo çalışmaları ve günümüz-geleceğin mayoları olmak üzere üç ayrı başlık altında örneklerle incelenmiştir.

Sürdürülemez Mayo

Tekstil endüstrisinde bitkisel, hayvansal ve madeni kaynaklardan elde edilen doğal elyaf ham maddesinin yanında yapay olarak üretilen polyester ve naylon gibi çeşitli kimyasallardan elde edilen sentetik elyaflar spesifik özelliklerinden dolayı farklı kullanım alanlarında değerlendirilmektedir. Mayo üretiminde doğal elyafın yanında kullanılan sentetik lifler geri dönüştürülebilir olmamaları ve biyolojik olarak parçalanamaz olduğu için sürdürülemez mayolar sınıfında değerlendirilmektedir.

Pamuk İçeren Mayo

Pamuk ve yün gibi doğal lifler ıslandıklarında kolayca şekillerini kaybeder. Yavaş kurur ve hidrofil yapıda olduğundan genellikle çok miktarda su tutar. Bu durum, pamuk ipliği kullanımını sentetik seçeneklerden daha az pratik hale getirir. Mayo kumaşı üretimi için pamuk ipliği tek bir seçenek değillerdir ancak bazı iplik karışımlarında sentetik ipliklerle birlikte kullanılmaktadır. Selüloz esaslı pamuk elyafı emici özelliklerinin yanı sıra vücudu sarmaz ve genelde buruşur, ancak rahat bir ergonomiye sahiptir [www.seamwork.com]. İç kısmı organik pamuktan üretilmiş Charlie Banana mayo örneği Şekil 1'de görülmektedir.

*Yazışmadan sorumlu yazar: gturhan@marmara.edu.tr
[1] Kadın Sutopu A milli takım oyuncusu, Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Tekstil Mühendisliği, ecehangokce.1@gmail.com
[2] Doç. Dr., Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Tekstil Mühendisliği, gturhan@marmara.edu.tr
[3] Öğr. Gör. Dr., Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Tekstil Mühendisliği, abdulkadir.pars@marmara.edu.tr



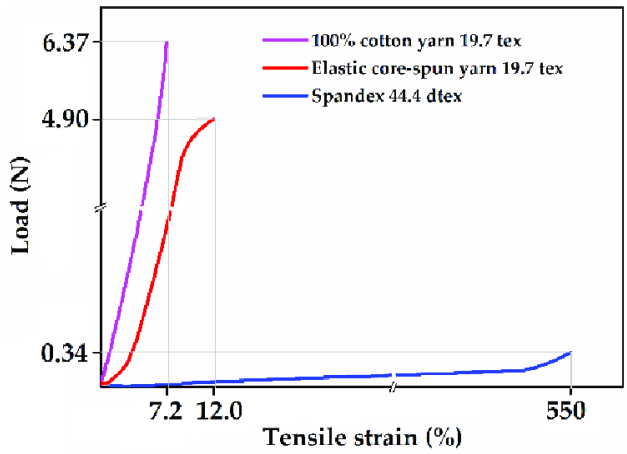
Charlie Banana mayo ve alıştırma külotları tek kullanımlık bebek mayolarına göre daha sağlıklı olup kullanıcı dostu ürünlerdir. İç kısmı organik pamuktan üretilmiş Charlie Banana bebek mayolarıyla bebekler rahatsızlık hissetmemektedir. Charlie banana bebek mayolarını tamamen emici olması özelliğinden dolayı tuvalet eğitimi döneminde alıştırma külotu olarak da kullanabilmektedir [Www.Morhipo.Com].

Şekil 1. Charlie Banana Mayo ve Alıştırma Külotları

Spandex / Elastan / Lycra İçeren Mayo

Elastan iplik % 400-800'lük yüksek oranda elastik özellik sergileyen tipik bir sentetik elyaftır. Elastan, yüksek elastikiyeti nedeniyle dış giyim, iç giyim ve spor giyim (örneğin mayo) gibi modaya uygun veya fonksiyonel giysiler için ön koşul haline gelmiştir ve dünya çapında yıllık tüketimde %30-40 arasında bir artışa sahiptir [Xiong & Tao, 2018]. 2010 yılında, Amerika Birleşik Devletleri'nde satılan giysilerin tahminen % 80'i Elastan içermektedir [Wang, Huang & Wang, 2022] . Spandex liflerinin olağanüstü esnekliği, giysinin basınç konforunu artırarak vücudun daha rahat hareket etmesini sağlar. Basınç rahatlığı, insan vücudunun basınç reseptörlerinin (cilt duyu hücrelerinde bulunan mekan-reseptörler) giysiye verdiği tepkidir. Duyum tepkisi esas olarak malzemenin esneme, gevşek, ağır, hafif, yumuşak ve sert yapısından etkilenir [Reisch, 1999]. Spandex esnekliği (uzunluğunun beş katına kadar esneme özelliği) ve gücü, özellikle cildi sıkı saran giysilerde olmak üzere çok çeşitli giysilere dahil edilmiştir. Spandex'in bir diğer yararlı özelliği, önemli düzeydeki mukavemeti, esnekliği, normal kumaşlardan daha hızlı kuruduktan ve gerildikten sonra orijinal şekline dönme yeteneğidir. Giysiler için, Spandex genellikle pamuk veya polyester ile karıştırılır ve nihai kumaşın küçük bir yüzdesini oluşturur. Bu nedenle karışımdaki diğer lifler görünüş ve elyaf özelliklerini korur [Reisch, 1999][www.fashionencyclopedia.com].

Spandex (44.4 dtex), pamuk (19.7 tex) ve elastik (core spun) ipliğin (19.7 tex) mukavemet ve uzama (%) değerleri Şekil 2.'de verilmiştir.



Şekilde, Spandex gibi ipliklerin % uzama değerleri yüksek gelirken, elastomerik kısmı, iplik mukavemetine çok fazla katkı sağlayamamıştır. Elastik (core spun) ipliklerde ise, elastik olmayan kısmın ipliklerin esneme sınırını kısıtladığı görülmektedir. Spor giyim veya vücut şekillendirici giysiler için, düşük veya orta elastomerik lifler, elastik gereksinimleri karşılamaktadır.

Şekil 2. Pamuk ve Spandex Elastik (Core Spun) İpliğin Mukavemet ve % Uzama Değerleri [Xiong & Tao, 2018]

Spandex lifi hakkında bazı detaylar, artı ve eksi yönleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Spandex Hakkında [www.swimoutlet.com]

Detaylar	Artılar	Eksiler
- Rekabetçi giyimler için kullanımı mükemmel olur. - Rekabetçi mayolar daha yüksek oranda Spandex içermelidir. - Elastan veya Lycra ® markası olarak da bilinir.	- Vücut formuna uyumludur. - Maliyeti orta seviyelidir. - Dayanıklı elastikiyet özelliği nedeniyle yaygın olarak kullanılır. - Mükemmel elastikiyet ve esneme özelliği vardır, bu nedenle küçük oranlarda mayolarda kullanımı dahi çok önem taşır.	- Klora karşı dayanıksızdır bu nedenle her kullanımdan sonra serin ve temiz su ile durulanmalıdır. - Diğer liflerle karıştırılmadığında ciltte kaşıntı yapabilir.

Polyester İçeren Mayo

Polyester genellikle petrolden elde edilen sentetik elyaftır. Polyester dünyanın en popüler tekstillerinden biridir ve binlerce farklı tüketici için endüstriyel uygulamada kullanılmaktadır [Reisch, 1999][sewport.com/fabrics-directory/polyester-fabric]. Kimyasal olarak polyester, esas olarak ester fonksiyonel grubu içindeki bileşiklerden oluşan bir polimerdir. Çoğu sentetik ve bazı bitkisel esaslı polyester elyaflar, başka kaynaklardan da elde edilebilen petrolün bir bileşeni olan etilenden üretilir. Bazı polyester türleri biyolojik olarak parçalanabilir olsa da çoğunlukla polyester üretimi ve kullanımı dünya çapında çevresel kirliliğe sebep olmaktadır [Reisch, 1999][sewport.com/fabrics-directory/polyester-fabric]. Bazı uygulamalarda polyester, giyim ürünlerinin tek bileşeni olabilir, ancak polyester ipliğin, pamuk veya başka bir doğal elyaftan üretilen ipliklerle karışım olarak kullanımı daha yaygındır. Hazır giyimde polyester kullanımı üretim maliyetlerini düşürmek ile birlikte giyimin rahatlığını da azaltmaktadır. Polyester, pamukla karıştırıldığında, yaygın olarak üretilen bu doğal elyafın çekmesini, dayanıklılığını ve kırışma profilini iyileştirir. Polyester içeren kumaş, çevresel koşullara karşı oldukça dayanıklıdır, bu da onu dış mekan uygulamalarında uzun süreli kullanım için ideal kılar [sewport.com/fabrics-directory/polyester-fabric]. Polyester ipliklerin kullanıldığı yüzücü mayosu Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Polyester İpliklerin Kullanıldığı Yüzücü Mayosu *(www.indiamart.com)*

Polyester lifi hakkında bazı detaylar, artı ve eksi yönleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Polyester Hakkında (www.swimoutlet.com)

Detaylar	Artılar	Eksiler
- Rekabetçi giysiler için idealdir. - Spandex'e dayanıklı bir alternatiftir. - Yarışma mayolarında Spandex'e ortak bir alternatiftir.	- Vücut formuna iyi uyumludur. - Klora karşı dayanıklıdır ve solmaz. - Uygun bakım yapılmasa dahi dayanıklı bir malzemedir. - Spandex kadar esnemez; şekli iyi tutar. - Spandex'ten 2-3 kat daha uzun ömürlüdür.	- Spandex kadar rahat değildir. - Daha yüksek maliyettedir. - Süper esnek değildir, ilk başlangıç haline dönmesi daha zordur.

Xtra Life Lycra® (Ekstra Ömürlü Lycra) İçeren Mayo



Şekil 4. Butterflyback, Xtra Life Lycra® (%80 Nylon, %20 Lycra) [www.thefinals.com]

Butterflyback, Xtra Life Lycra®'dan üretilen mayolar, geleneksel mayolardaki gibi istenmeyen "torbalanma ve sarkma" durumlarına karşı koymak için tasarlanmıştır. Bu mayolar su içinde ek güç ve destek sağlar. Zorlu antrenmanlara dayanan uzun süreli bir uyum sergileyen Xtra Life Lycra® süper Butterflyback, klora ve diğer havuz kimyasallarına karşı korumasız elastandan 5-10 kat daha uzun süre dayanmaktadır [www.thefinals.com]. Örnek ürün Şekil 4 görseli ile verilmiştir.

Tablo 3. Extra Life Lycra® Hakkında [www.swimoutlet.com]

Detaylar	Artılar	Eksiler
- Yarışma kıyafetleri için idealdir. - Genellikle diğer liflerle karıştırılarak kullanılır.	- Lycra® Spandex'ten 2-3 kat daha uzun dayanımlıdır. - Rahat bir malzemedir. - Rengi ve şeklini korur. - Klora karşı dayanıklıdır. - Spandex/Lycra®'dan daha güçlü esnekliği vardır.	- Daha pahalıdır.

Aloe Vera Microkapsül İçeren Mayo

Aloe Vera mikrokapsüller polyester süper mikro fiberler ve likranın bir kombinasyonundan oluşan, tutma yetenekleri ile birlikte dört yönlü bir esneme sağlayan bir [4]Max-Dri (maksimum kuruluk) performans trikodur. Bu triko, atletik performansı artıran yüksek basınçlı kumaş yapısı nedeniyle tayt ve şort gibi spor giyim ürünlerinin yanında, aynı zamanda 50+ UV koruması ve Aloe Vera mikrokapsülleri ile birlikte üretildiği için mayo üretiminde önemli bir seçenektir. Cildin nemlendirilmesine katkı sağlarken ayrıca, bu malzemenin leke ve kötü koku oluşmasını önleyen antibakteriyel işlemden geçmektedirler [www.moodfabrics.com]. Aloe Vera Microkapsüllerin kullanıldığı yüzücü mayosu Şekil 5' te görülmektedir.



Şekil 5. Aloe Vera Microkapsüllerin Kullanıldığı Yüzücü Mayosu (www.moodfabrics.com)

Aloe Vera, insanlık tarihinin en eski şifalı bitkilerinden biridir. 200'den fazla farklı biyolojik aktif madde sergiler ve birçok araştırmacıyı potansiyel uygulamalarına çekmiştir. Araştırmacılar ayrıca Aloe Vera'nın insan sağlığı üzerinde diğer alternatif bitkisel ilaçlara göre daha az olumsuz etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Aloe Vera yaprakları, temel fonksiyonel bileşen olan acemannan içerir. Acemannan, rastgele asetillenmiş lineer D-mannopiranosil birimlerinden oluşan ve immün modülasyon, antibakteriyel, antifungal ve antitümör özelliklere sahip uzun zincirli bir polimerdir.

Aloe Vera bitkisi bu fonksiyonel özelliğinden dolayı "şifalı bitki" olarak bilinir. Araştırmacılar, Aloe Vera tedavisinin yara iyileşmesini hızlandırdığını, UV koruması sağladığını ve antioksidan ve antimikrobiyel özelliklere sahip olduğunu açıklamışlardır. Tarihsel olarak, Aloe Vera çeşitli amaçlar için tıbbi çalışmalarda, nemlendirici madde içerdiğinden dolayı kozmetikte, elektronik atıkları azaltmak için bilgisayar bellek donanımlarında kullanılmıştır. Son zamanlarda Aloe Vera, yara iyileşmesi, doku mühendisliği, tıbbi tekstil, sağlık bakım tekstilleri, tedavi edici giysiler, kozmetik tekstiller, UV koruyucu tekstiller, giyilebilir elektronik tekstiller ve benzeri alanlarda yer alan farklı tekstil kompozit türlerini hazırlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Aloe Vera, sulu enzimatik ve sakızlı özelliklerinden dolayı ön işlem ve baskıda kullanılır. Aloe jeli ayrıca doğal, çevre dostu olan boyamada kullanımına izin veren tuzlu bir madde içermektedir. Aloe Vera bazlı tekstil kompozit malzemelerinin terapötik ve diğer amaçlar için birçok potansiyel uygulaması bulunmaktadır [Mondal, Saha & Rahman, 2020].

Nylon İçeren Mayo

[4] "Dri-FIT teknolojisi, kuru kalmana yardımcı olmak için tasarlanmış yenilikçi bir polyester kumaştır. Dri-FIT'in benzersiz yüksek performanslı mikro fiber yapısı, terin daha hızla buharlaşmasını sağlamak için teri emerek ve kumaşın yüzeyine dağıtarak vücudun doğal serinleme sistemini destekler."

Nylon, hızlı üretimi sağlanan ve neredeyse çoğu tekstil ürünlerinde düşük yüzdesel oranlarda kullanılan sentetik maddedir. Yüzücü mayoları arasında orta düzeyli antrenman mayoları gibi ürünlerde kullanımına daha çok rastlanmaktadır. Performans odaklı olmaktan ziyade, ürün fiyatını düşürmek ve ürüne ufak bir esneklik sağlamak için kullanılır [Editors of Reader's Digest, 2002].

Tablo 4. Nylon Hakkında [www.swimoutlet.com]

Detaylar	Artılar	Eksiler
- Drag[5] takımları ve antrenman takımları için idealdir. - Mayolarda çok yaygın kullanılan liftir. - Esneklik için genellikle Spandex ile karıştırılarak kullanılır.	- Hafif, pürüzsüz bir uyum sağlar. - Üretilen en güçlü elyaftan biridir. - Çabuk kurur ve su emiciliği düşüktür. - Düşük maliyetlidir.	- Uzun süreli güneşe maruz kalmaya karşı zayıf bir dirence sahiptir, bu nedenle kumaş solup yıpranacaktır. (Her kullanımdan sonra serin, tatlı su ile durulanmalıdır).

Polibütilen Tereftalat (PBT) İçeren Mayo

İplik olarak üretilen PBT, Lycra'ya benzer doğal bir esneme özelliğine sahiptir ve spor giyimi tekstili olarak bilinir. Klor'a karşı direnci nedeniyle mayolarda yaygın olarak bulunur. Ayrıca, son çalışmalar PBT içeren mayoların üstün UV koruma özelliklerine sahip olduğu açıklanmıştır [en.wikipedia.org/wiki/Polybutylene_terephthalate][www.radicigroup.com]. PBT ipliği, polibütilen tereftalat (PBT) elyafının spesifik özelliklerini tam olarak içermektedir. Bu ipliğin özellikleri, son derece rahat ve konforlu giysiler üretmek için kullanımını mükemmel kılar [en.wikipedia.org/wiki/Polybutylene_terephthalate]. Hareket özgürlüğü ve tam konfor ile kullanıcılar kendilerini güvende hissettirmektedir. Bu yeni ipliklerin kullanıldığı mayolarda, vücut çevresinde rahat bir mikro iklimi muhafaza edebilen giysiler üretmek mümkündür. Lif elastik, yumuşak ve mukavimdir, ayrıca diğer lif türleri ile karıştırıldığında boyayı iyi tutmaktadır. Başta yaş haslığı, terleme haslığı ve ışık haslığı olmak üzere her türlü kullanım için iyi haslık değerleri vermektedir. Bu elastik iplik, yüksek uzama ve mükemmel elastik geri kazanıma sahiptir. Bu özellikleri, sıradan elastik iplikte olduğu gibi sadece lineer değil, üç boyutlu bir şişirme işleminin bir sonucu olarak elde eder. Her bakımdan iyi bir tekstil ipliği olan PBT boyanabilir, dokulu multifilament bir iplik olduğu için iyi örtücülüğe sahip, mukavim ve elastiktir. Aynı zamanda termoplastiktir ve bu nedenle stabilize kumaşların imalatında kullanılabilir. Bu elyaf, elastomerik özellikteki ipliklerle doğrudan rekabet etmez, ancak yeni tekstil ürünleri için kullanılması amaçlanmıştır [en.wikipedia.org/wiki/Polybutylene_terephthalate][www.radicigroup.com]. Polibütilen tereftalat (PBT) ipliklerin kullanıldığı yüzücü mayosu Şekil 6' da görülmektedir.

[5] "Drag" terimini Türkçe'ye "Sürükleme" olarak çevirebiliriz. Burada temel amaç kol kuvvetini artırmaya yöneliktir. Sizin de bildiğiniz gibi sudaki sürtünme katsayısı havadakine oranla 800 kat daha fazladır. Serbest stil yüzme kol mekaniğinde, elin sudan çıkıp tekrar başlangıç noktasına döndüğü 'toparlanma' safhasında sporcunun mümkün olan en hızlı şekilde kolunu öne uzatması için kol kuvvetine ihtiyacı olacaktır. İleri uzanan kolu kuvvetlendirmek için elin kasıtlı olarak suya sürtünmesi sayesinde ihtiyaç duyulan kuvvet kazanılmış olunur. Böylece normal kol atışta dikkate değer bir hızlanma elde edilmiş olunur."



Şekil 6. Polibütilen Tereftalat (PBT) İpliklerin Kullanıldığı Yüzücü Mayosu [www.tradeinn.com]

Tablo 5. Polibütilen Tereftalat (PBT) Hakkında [www.swimoutlet.com]

Detaylar	Artılar	Eksiler
- PBT, tekstüre bir polyester olan polibütilen tereftalat anlamına gelir. - Fitness ve yarışma kıyafetleri için idealdir. - Açık hava yüzmede en iyisidir. - Genellikle Polyester ile karıştırılarak kullanılır.	- Uygun maliyetli ve dayanıklıdır. - Klora ve ısıya dayanıklıdır. - İyi esneme ve esneklik özelliği vardır (Spandex'e benzer). - Çabuk kuruyan ve düşük su emiciliği olan bir liftir.	- Daha yüksek maliyetlidir.

Neopren İçeren Mayo

Neopren, su aktiviteleri için koruyucu giysi yapımında popüler bir malzemedir. Köpüklü Neopren, soğuğa karşı mükemmel yalıtım sağladığı için genellikle sinek balıkçılığı, dalgıç giysisi ve kuru giysi üretiminde kullanılır. Köpük oldukça hareketlidir ve dalgıçlar ağırlık takarak bunu telafi eder. Soğuk su korumasının en uç noktasında yapılan kalın ıslak giysiler genellikle 7 mm kalınlığında Neoprenden yapılır. Köpük Neopren gaz cepleri içerdiğinden, malzeme su basıncı altında sıkışır ve daha derinlerde incelir; 7 mm Neopren dalgıç giysisi, 100 fit suyun altında yüzeye göre çok daha az maruz kalma koruması sağlar. Islak elbiseler için Neopren'de son zamanlardaki ilerleme, daha fazla esneklik ve esneme için örgü astar kumaşta Spandex kullanılan "süper esnek" çeşididir. Kuru elbise dalgıç giysisine benzer, ancak aşırı soğuk veya kirli suda giymeye uygun, tamamen su geçirmez bir elbise oluşturmak için daha kalın ve daha dayanıklı Neopren kullanır.

Neopren vatkalar genellikle yaklaşık 5 mm kalınlığındadır ve nylon gibi daha ucuz malzemeler ve nefes alabilen membranlardan yapılmış daha pahalı su geçirmez liflerle karşılaştırıldığında fiyatı biraz daha artar. Rekabetçi yüzme dalgıç kıyafetleri en geniş köpükten yapılır; yüzücünün sınırsız hareket etmesine izin vermek için çok esnek olmaları gerekir. Dezavantajı ise oldukça kırılgan olmalarıdır [srface.com][Allen, 2008][en.wikipedia.org/wiki/Neoprene]. Neopren yüzme mayosu Şekil 7' de görülmektedir.



Şekil 7. Neopren yüzme mayosu (lakedistrictwetsuits.co.uk)

Sürdürülebilir Mayo Çalışmaları

Sürdürülebilirlik toplumun, ekosistemin veya devam eden herhangi bir sistemin ana kaynakları tüketmeden geleceğe dek işlevini devam ettirmesi olarak tanımlanabilir. Birçok alanda kullanılan sürdürülebilirlik kavramı, ilgili alandaki kaynakların gelecek nesillerin de kullanabilmesi için korunmasına dayanmaktadır (Binboğa & Ünal, 2018). Bu çalışmada atıl malzemelerden çeşitli işlemlerden geçirilerek (geri dönüşüm gibi) tekrar kullanıma hazır hale getirilip elde edilen mayolara ve kullanım ömrü bittikten sonraki hali tekrar başka ürünlerin üretiminde girdi malzemesi olarak kullanılmak üzere dönüştürülebilen mayolara "sürdürülebilir" mayo denilmektedir.

Econyl İçeren Mayo

Econyl rejenere nylon, 2011 yılında Aquafil tarafından tanıtılan bir üründür. Tamamen endüstriyel plastik, giyim imalat şirketlerinin kumaş atıkları, eski halılar ve "hayalet ağlar" (kayıp veya terk edilmiş balık ağları) gibi okyanus ve çöplük atıklarından yapılır. Ürün Adidas ve Speedo mayo, Levi's, Rapanui ve Panarea Couture mayo markaları tarafından kullanılmıştır.

Econyl yapmak için nylonun yeniden kullanılması, petrolden üretilen malzemeye kıyasla nylonun küresel ısınma etkisini %80 oranında azaltır. Ayrıca, bu malzeme bitmiş üründe kalite kaybı olmaksızın sürekli olarak geri dönüştürülebilir [Ankeny, 2015][Thomas, 2019][www.econyl.com/]. Ekonil Yüzme mayosu Şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 8. Ekonil Yüzme mayosu (www.urbankissed.com)

Geri dönüşüm, nylon polimerin monomerlere parçalanmasını ve ardından nylonun yeniden polimerize edilmesini içerir; bozunma işlemi, yenilenebilir enerjiye dayalı bir süreçte kimyasal maddeler kullanılmadan sadece sıcaklık ve buharla yapılır. Çevre dostu kullanımı nedeniyle çoğu kişi hem amatör yüzücüler hem de antrenörler ekonil mayoları tercih etmeye başlamıştır [Klimaki, 2020][www.econyl.com/].

Tablo 6. Ekonil Hakkında [www.swimoutlet.com]

Detaylar	Artılar	Eksiler
- Geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılmıştır. - Standart Nylon'a çevre dostu bir alternatif sunar.	- Çevre dostudur.	- Daha yüksek maliyetlidir.

Yulex İçeren Mayo

Yulex Emulsion, petrol bazlı sentetik kauçuk ve plastiklerin yerini alan, çevresel açıdan sürdürülebilir ve yenilenebilir ultra saf, yüksek kaliteli ve yüksek performanslı malzemedir. Neoprene yüzme mayoları 1950'lerden beri yoğun olarak kullanılmıştır. Ancak neopren enerji yoğun bir üretim sürecine sahip sürdüremez bir malzemedir. 1930 yılında DuPont tarafından geliştirilen bu sentetik kauçuk, başlangıçta ham petrolden elde edilen bir petrokimyasal olan bütadienin klorlanması ve polimerize edilmesiyle üretilmiştir. 2008 yılında dalış kıyafetleri araştırmalarında, neoprene karşı daha az zararlı bir alternatif geliştirilmeye çalışıldı. İlkin, guayule bitkisinden elde edilen kauçuk değerlendirilmiştir. Daha sonra, hevea ağaçlarından dokunulmuş doğal kauçuk kullanarak neopren kıyafetleden çıkarılmaya başlanmıştır. Sürdürülebilir Yulex® doğal kauçuğu, neopren kadar iyi performans gösterir ve çevresel olarak çok daha iyi bir seçimdir. Neopren fabrikalarda üretilirken, doğal kauçuk ömürleri boyunca karbonu emen ağaçlar tarafından üretilmektedir [www.bio.org/sites/default/files/legacy/bioorg/docs/LeifChristoffersen.pdf].

Repreve İçeren Mayo

Önde gelen geri dönüştürülmüş elyaf Repreve® üreticisi Unifi Inc., müşterilerin ve tüketicilerin sürekli büyüyen okyanus plastiği sorununu çözmede rol oynamasını sağlayan yeni bir sürdürülebilir ürün piyasaya sürmüştür. Okyanus plastiğinin temel nedeni ile başa çıkmak için Repreve® Our Ocean® elyafı, resmi atık veya geri dönüşüm sistemlerinden yoksun ülkelerde veya bölgelerde 50 kilometrelik kıyı şeridinde toplanan şişelerden üretilmektedir. Repreve yüzme mayosu Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. Repreve Yüzme Mayosu

Repreve® Our Ocean®, okyanusa girme riski yüksek olan şişelerden elde edilen bir elyaf ve reçine koleksiyonudur. Milyarlarca plastik şişeyi Repreve geri dönüştürülmüş elyafa dönüştürmek hava, toprak ve doğal kaynaklarımızın korunması açısından çok önemli bir çalışmadır.

Her yıl en az 8,8 milyon ton plastik okyanusa atılmaktadır, bu da her dakika bir çöp kamyonunun içindekileri okyanusa boşaltmaya eşdeğerdir. Ek olarak, plastiğin en az yüzde 80'i karadan okyanuslara gitmektedir ve mevcut oranlarda 2050 yılına kadar ağırlıkça balıktan daha fazla plastik oluşacaktır [Telli, Özdil & Babaarslan, 2012).

Kenevir İçeren Mayo

Tasarımcı Peggy Scarborough, mayo için streç ile keneviri kullanan ilk kişidir - geleneksel dış mekan sentetiklerine süper bir alternatif. California işletmesi Happy Campers Outfit'de temsil edilen deneyimli mayo üreticilerinden oluşan bir aileden üçüncü nesildir.

% 55 Kenevir, % 41 Pamuk ve % 4 Lycra karışımının ağırlığı ve dokusu, ne çok sıcak ne de çok soğuk olan rahat bir kumaş oluşturur. Doğal Kenevir ve Pamuk nefes alırken, Lycra mayonun vücuda sarılması için birazcık esneme sağlar.

Çevre dostu, şekli tuttuğu, mukavim olması, küf ve ultraviyole ışınlarına karşı dirençli olduğu için tercih edilen mayolardır. Ayrıca şort yapmak için Kenevirle karıştırılmış geri dönüştürülmüş pet şişelerinden üretilen Polyester iplikler de kullanılmaktadır. Sürdürülebilir bu kombinasyon hızlı kuruma özelliğine sahiptir.

Hemp Traders Kenevir, Pamuk ve Lycra karışımlarını dört farklı dokuma ve ağırlıkta dağıtır. %55 Kenevir, %45 PET karışımı Hemptek Industries'den dağıtılmaktadır. Happy Campers Clothing Kenevir mayolarını iplik yerine kumaştan pazarlayan ilk şirkettir [renewable-carbon.eu/news/hemp-with-a-stretch-for-swimwear/].

Mipan Regen İçeren Mayo

GRS sertifikalı %100 geri dönüştürülmüş, yüksek kaliteli nylon ipliktir. Mipan regen, geri kazanılan atıklardan hammaddelerden nylon ipliklerin çıkarılmasıyla üretilir ve petrol türevi kaynakların topraktan çıkarılmasını önleyerek sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır [blog.hyosungtnc.com/mipan-regen/].

Okyanuslardaki plastiği toplayarak giyim ve dış mekan malzemeleri için farklı hayatın farklı alanlarında yüksek kaliteli naylona dönüştürerek sürdürülebilir ürünlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Günümüz ve Geleceğin Mayoları

Arena Hidroglit Kumaş

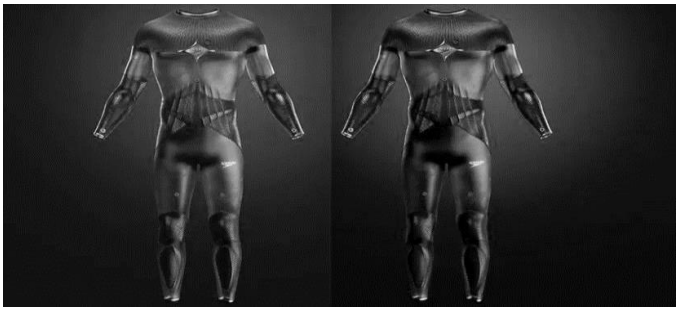
Powerskin R-EVO One, ikinci bir cilt hissi için eşit şekilde esneyen ve sıkıştıran tek bir kumaş yapısını temsil eder. Arkada tek dikişli bu pürüzsüz kadın yarışma kıyafeti, gelişmiş hareket özgürlüğü ve tam konfor sağlar. Ultra hafif kumaş daha az su emer ve sürtünmeyi azaltır, yarış sırasında kaymayı ve verimliliği artırır. Omuzlardan dizlere kadar uzanan bu tasarım, destekleyici yarışçı sırt kayışları ve açık sırt ile donatılmıştır [www.arenasport.com]. Örnek ürün görseli Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Arena Hidroglit 78% Polyamid 22% Elastan [www.arenasport.com]

Speedo'dan Fastskin 4.0

Speedo, enerji toplayan kumaşı olan ve yüzücülerin 2040 yılına kadar %4 daha hızlı gitmesine yardımcı olabileceğini iddia ettiği yerleşik bir Artificial Intelligence Coach'a sahip ilk akıllı mayosunu tanıtmıştır. Fastskin 4.0 Modelleri için görsel Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Fastskin 4.0 Modelleri [www.dailymail.co.uk]

Fastskin 4.0 adlı fütüristik bir mayo konseptini tanıtan Speedo; biyo-mühendislik ürününde genetiği değiştirilmiş bakterileri kullanmıştır. Böylelikle, biyolojik olarak parçalanabilir ve enerji toplayan kumaş tasarlanmıştır. Speedo, kostümün yüzücülerin 2040 yılına kadar %4 kadar daha hızlı gitmesine izin vereceğini iddia etmektedir. Bu tür gelişmeler, erkeklerin 50 m serbest stil rekorunun 20 saniye engelini aşmasını ve kadınların 100 m kurbağalama süresinin 60 saniye altına düşmesini sağlayabilir. Fastskin 4.0 konsepti Aqualab ile birlikte geliştirilerek ve tamamen yüzücünün vücuduna göre özelleştirilmiştir. Fastskin 4.0 Zoom ürün görseli Şekil 12'de ve Fastskin 4.0 Gövde Altı Derisi için ürün görseli Şekil 13'te verilmiştir.



Şekil 12. Fastskin 4.0 Zoom [www.dailymail.co.uk]

Takım, biyomühendislik, genetiği değiştirilmiş bakterilerden, enerji toplayan kumaştan üretilmiştir ve bu kumaş kendi kendine güç sağlamasına izin verir. Yüzücü işini bitirdiğinde giysi % 80 biyolojik olarak bozulmaktadır.

En uygun güç için esneyen yerleşik bir dış iskelete sahipken, giysinin yüzeyi suda mükemmel akış için köpekbalığı derisini taklit etmek üzere biyolojik olarak tasarlanmıştır. Bu arada, bir çekirdek reaktör sudaki vücut pozisyonunu eşitler. Takım aynı zamanda bir AI Live Coach'a da sahip olduğundan antrenörleri kenardan bağırma ihtiyacından kurtarmaktadır. Yarıştan önce, yüzücülerin bloklara en iyi durumda ulaşmasını sağlamak için oksijen doygunluğu ve hidrasyon seviyeleri değerlendirilir. Sensörler daha sonra haptik teknolojisiyle bir sporcuya yarış ortasında teknik, hız, pozisyon ve kondisyon hakkında canlı koçluk sağlar. Yarış bittiğinde, yüzücüler vücudun laktat konsantrasyon seviyeleri gibi verilere erişerek iyileşmelerini izleyerek kontrol edebilecek ve mümkün olan en kısa sürede yarışa hazır olmak için dinlenmelerini sağlayacaktır. Takım, biyomühendislik, genetiği değiştirilmiş bakterilerden enerji hasat kumaşı ile üretilmiştir ve kendi kendine güç sağlamaktadır.



Şekil 13. Fastskin 4.0 Gövde Altı Derisi [www.dailymail.co.uk]

Speedo, uyarlanabilir akıllı kilit mührü, sporculara tam bir yarış güveni, özelleştirilmiş kompresyon ve tam vücut koruması sağlamak için vücudu yerine kilitlerken giysinin kolayca açılıp kapanmasına yardımcı olur. Boyun, bilek ve ayak bileklerindeki contalar, fermuar veya tutturucuya ihtiyaç duymadan tercih ettiğiniz kalibrasyona göre otomatik olarak gerilebilir özelliktedir [www.dailymail.co.uk].

Özellikle Speedo mayoları, imza kumaşlarını oluşturmak için birçok benzersiz karışım kullanır. Farklı Speedo Kumaş Çeşitleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Speedo Modelleri ve Lif Yüzdeleri [www.swimoutlet.com]

Model	Yapı
Aquablade	%80 Polyester, %20 Lycra® Spandex
Endurance Lite	%51 PBT, %49 Polyester
Endurance+	%50 Polyester, %50 PBT
Xtra Life Lycra® Fiber	%74 Nylon, %26 Xtra Life Lycra® Fiber
PowerFLEX	%74 Nylon, %26 Xtra Life Lycra® Fiber
PowerFLEX Eco	%78 Econyl, %22 Xtra Life Lycra® Fiber
PowerPLUS	%79 Nylon, %21 Xtra Life Lycra® Fiber
ProLT	%85 Polyester, %15 Spandex

TYR Venzo

En son teknolojik takım yeniliği olan TYR Venzo™ mikroskobik bir perspektiften sürtünmeyi analiz eden sektördeki ilk ve tek teknik takım olan TYR Kadın Venzo™ Camo Kapalı Sırtlı Mayo sürtünmesiz ve dayanıklı bir kumaşa iplik geçirmek için ultra pürüzsüz elyaf kullanmaktadır. En son Surface Lift Technology™ ile tasarlanan bu model, suyun kumaşa nüfuz etmesini önleyerek suda daha yüksek vücut pozisyonu sağlar. TYR Venzo teknolojisi ile üretilen bir mayo takımının alt parçası Şekil 14'te örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 14. TYR Üretim (70% Nylon, 30% Spandex) [www.tyr.com]

Ayrıca, takımın Endo Max Compression Cage™ olarak bilinen patentli bantlama ve iç tekstil tasarımı, karın, oblik kası ve kuadriseps kas gurubu için bir destek kalkanı sağlar. Bu kafes sadece suda bir geri tepme etkisi yaratmakla kalmaz, aynı zamanda vuruş başına mesafenin artmasına da yardımcı olur. Bu teknolojiyle birlikte çalışan, Venzo'nun vücut pozisyonunu düzene sokmaya yönelik şık bir yapı olan Seamless Exo Shell™'idir. Son olarak, Venzo'nun bağlı sonsuz kayışları, sporcular suda zahmetsizce hareket ederken son teknoloji konfor ve denge kombinasyonu sağlamaktadır [www.tyr.com].

Sonuç

Mayo kumaşından beklenen genel en temel özellikler yumuşak, estetik, rahat, esnek, kullanımı kolay, su, güneş ışığı, klor gibi çeşitli dış etkenlere dayanımı yüksek ve çevre kirliliği ile doğal kaynaklar açısından sürdürülebilir olması şeklinde sıralanabilir. Mayo kumaşı üretiminde yüksek gramaj istenmemektedir, çünkü daha hafif kumaşlar sporcuyu daha konforlu ve rahat hissettirmektedir. Yüzme malzemelerin çoğu hafif sentetik kumaşlardan üretilmektedir. Mayo yapımında kullanılacak kumaşların 180 – 200 g/m² arasında olması uygundur. Mayo kumaşının iyi ve estetik görünmesi istenmektedir. Yumuşak tuşeli, esnek ve çekici bir tasarıma veya baskıya sahip olmalıdır. Aynı zamanda vücudun hareket etmesine izin verecek kadar esnek, sürtünmeyi önleyecek kadar da yumuşak olması gerekir. Mayo söz konusu olduğunda, kumaş için en iyi lif içeriği esnek ve sentetik elyaf türleridir. Malzeme ne kadar yumuşaksa o kadar iyidir. Mayo kumaşının dayanıklı ve esnek olması gerekir. Polyester veya nylonun elastan ile karıştırılmasıyla üretilen mayo kumaşları doğal olarak suya dayanıklıdır ve çabuk kurumaktadır. Polyester/Elastan karışımı ayrıca UV ışınlarına karşı koruma sağlayacak ve klora karşı dirençli olacaktır. Havuz kimyasalları ve UV ışınları ile temas eder ve her ikisi de bozulmaya neden olabilir. Mayolarda kullanılan herhangi bir kumaşta aranan en temel özellikler klor, güneş ışığı ve deniz tuzu gibi aşındırıcı maddelerin neden olduğu hasara karşı dirençli olmalarıdır. Çabuk kuruyabilmesi özellikle önemlidir. Eğer günlük kullanılacaksa, çabuk kuruyan bir malzemeye ihtiyacınız vardır. Sentetik liflerin çoğu, suya dayanıklı bir kaliteye sahiptir ve bu özellik mayolar için idealdir. Sadece çabuk kuruma ile kalmayacak, aynı

zamanda durulanabilir, kurutulabilir ve bir sonraki kullanım için kısa sürede hazır hale getirilebilir olmalıdır. En ideal mayo kumaşı üretiminde, malzemenin doğasında bulunan esneklik, dayanıklılık ve daha mukavim olması nedeniyle sentetik elyaftan üretilen iplikler kullanılmaktadır. Ancak, sentetikler aynı zamanda tüm elyaf türleri arasında doğal olmadıkları için sürdürülebilir değillerdir. Birçoğu petrol bazlı ve büyük ölçüde fosil yakıtlara dayandığından çevresel değildirler. Ayrıca geri dönüştürülmüş malzemeleri göz önünde bulundurarak, mayonun çevreye karşı olumsuz etkisini ortadan kaldırmak için sürdürülebilir tekstil malzemelerinin mayo kumaşı üretiminde kullanımı önümüzdeki yıllarda artacaktır.

Bu nedenle, günümüzde ve geleceğin ticari ölçekte üretilecek mayolarının geliştirilmesinde bir yandan sürdürülebilir tekstil malzemeleri kullanılırken, diğer yandan akıllı tekstil uygulamalarıyla katma değeri yüksek, ileri teknoloji kullanan, sporcuların konfor ve performansının en üst seviyeye çıkaracak fonksiyonel yüzme mayoları kullanılacaktır.

Kaynaklar

Allen, D. (2008). Stiffness evaluation of neoprene bearing pads under long-term loads. A Dissertation Presented to the Graduate School of The University of Florida in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. University of Florida.

Ankeny, J. (2015). From shredding to recycling. Entrepreneur (Cover story). 43 (12). Irvine, California: Entrepreneur Media, Inc. pp. 52–53.

Binboğa, G. & Ünal, A. (2018) Sürdürülebilirlik ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin karbon ayak izinin hesaplanmasına yönelik bir araştırma. International Journal of Economic and Administrative Studies, (21):187-202.

blog.hyosungtnc.com/mipan-regen/ (04/09/2022)

Editors of Reader's Digest (2002). New complete guide to sewing: Step-by-step techniques for making clothes and home accessories. London: Reader's Digest. p. 19. ISBN 9780762104208.

en.wikipedia.org/wiki/Neoprene (04/09/2022)

en.wikipedia.org/wiki/Polybutylene_terephthalate (04/09/2022)

Klimaki, S. (2020). Industries adapt to address the climate and ecological crisis. The Hourglass, (4): 1.

lakedistrictwetsuits.co.uk , Zone3 Neoprene Swimsuits - All Sizes (04/09/2022)

Mondal, İ. H., Saha, J. & Rahman, A. (2020). Functional applications of Aloe Vera on textiles: a review. Journal of Polymers and the Environment, 29(5), 1-17.

www.radicigroup.com (04/09/2022)

Reisch, M. (1999). What's That Stuff? – Spandex. Chemical & Engineering News, 77 (7). Doi:10.1021/cen-v077n007.p070. Retrieved December 6, 2018

renewable-carbon.eu/news/hemp-with-a-stretch-for-swimwear/ (04/09/2022)

sewport.com/fabrics-directory/polyester-fabric (04/09/2022)

srface.com (04/09/2022)

Telli, A., Özdil, N. & Babaarslan, O. (2012). Pet şişe atıklarının tekstil endüstrisinde değerlendirilmesi ve sürdürülebilirliğe katkısı. Tekstil ve Mühendis, 19: 48-55.

Thomas, D. (2019). Fashionopolis. New York: Penguin Random House (Penguin Press). pp. 200–202. ISBN 9780735224018 – via Google Books.

Wang, L., Huang, S. & Wang, Y. (2022). Recycling of waste cotton textile containing elastane fibers through dissolution and regeneration. Membranes, 12(4): 355-365.

www.arenasport.com (04/09/2022)

www.bio.org/sites/default/files/legacy/bioorg/docs/LeifChristoffersen.pdf (04/09/2022)

www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-9688631/Speedos-intelligent-swimsuit-let-swimmers-4-faster-2040.html (04/09/2022)

www.econyl.com/ (04/09/2022)

www.fashionencyclopedia.com/fashion_costume_culture/Modern-World-1980-2003/Spandex.html (04/09/2022)

www.indiamart.com/proddetail/men-s-swimming-costume-20413146288.html, Men's Spandex/Polyester Swimming Costume, Rs 1000/piece Zegen | ID: 20413146288 (05/09/2022)

www.moodfabrics.com/applications/athleticwear-fabrics/banana-leaf-caye-uv-protective-compressio (04/09/2022)

Www.Morhipo.Com/Charlie-Banana-Organik-Pamuk-Mayo-Alistirma-Kulodu/10830001/Detay (04/09/2022)

www.seamwork.com/articles/swimwear-basics (04/09/2022)

www.swimoutlet.com/blogs/guides/speedo-swimsuit-fabrics-explained (04/09/2022)

www.thefinals.com/xtra-life-lycra-solid-butterflyback-swimsuit.html (04/09/2022)

www.tradeinn.com/swiminn/en/speedo-medalist-endurance--swimsuit/139276285 , Speedo Essential Endurance+ Medalist - Swimsuit Women's | Buy online | Bergfreunde.eu (05/09/2022)

www.tyr.com (04/09/2022)

www.urbankissed.com/all-categories/clothing/swimwear-and-beachwear/one-piece-swimwear/product-130435/ , Women :: Clothing :: SWIM- & BEACHWEAR :: One-Piece :: Belle ECONYL Swimsuit Black - Urbankissed , Women :: Clothing :: SWIM- & BEACHWEAR :: One-Piece :: Belle ECONYL Swimsuit Black - Urbankissed (05/09/2022)

Xiong, Y. & Tao, X. (2018). Compression garments for medical therapy and sports. Polymers, 10(6): 663-682.

Dipnot

1 www.nike.com/tr/help/a/nike-dri-fit (04/09/2022)

2 www.youtube.com/watch?v=VMXWwAa8llw (04/09/2022)

İlişki Kalitesi ve Elektronik Müşteri İlişkileri Yönetimi

Alev SÖKMEN[1]
Mehmet BAŞ[2]

GİRİŞ

Rekabetin çok yoğun olduğu pazar koşullarında işletmeler amaçlarına ulaşmada güçlüklerle karşılaşmakta ve rekabette üstünlük kazanmak için doğru müşteri ilişkileri yönetimini bulma konusunda yoğun çaba harcamaktadırlar. Doğru müşteri ilişkileri yönetimiyle müşteri sadakati artabilecek, böylece mal/hizmet satışları da artacaktır. Aynı zamanda potansiyel müşteriler de cezbedilerek, uzun dönemde satışlar da olumlu etkilenebilecektir. (Takala ve Uusitalo, 1996).

Müşterilerin işletmeden mal veya hizmet satın almaktan vazgeçme nedenleri araştırıldığında temel sebeplerden birisinin iletişimin kurulduğu temas noktalarının tatmin edici olmaması olduğu görülmektedir. Genelde temas noktalarının sebep olduğu eksikliklerden dolayı müşteriler herhangi bir zaman ihtiyaç duydukları bilgiyi almak için telefon, faks, elektronik veri değişim araçlarını kullanarak iletişim kurmakta ve o anda bu noktalarda çalışan personelin hızı, etkili, net ve tatmin edici hizmeti sunabilmeleri büyük önem taşımaktadır. Ancak bu hizmet bazen personelin yeterli nitelik ve niceliğe sahip olmamasından, gerekli teknolojik araçlarının eksikliğinden ya da her ikisinin de yanlış yönetiminden dolayı görülememektedir (Ryals ve Knox, 2001).

Günümüzde işletmeler ilişkisel pazarlama stratejilerini destekleyen müşteri hizmetlerini giderek daha yüksek bir oranda yeni teknolojinin yarattığı e-hizmetlerle yerine getirmeye başlamışlardır (Taylor ve Hunter, 2002). Özellikle yoğun rekabetin yaşandığı pazarlarda işletmeler, elektronik müşteri ilişkileri uygulamalarıyla fark yaratarak müşteri sadakati sağlama konusunda çaba sarfetmektedirler. İşletmeler Müşteri İlişkileri Yönetimi (MİY) ile insan, süreç ve teknoloji birleşimini sağlayarak müşterilerini anlamaya çalışmaktadırlar (Mandina, 2014). MİY bir işletmenin doğru malı veya hizmeti doğru müşteriye, doğru zamanda, doğru kanaldan, doğru fiyattan ulaştırmak koşuluyla giderek artan seviyede sadık ve kârlı müşterileri belirleme, nitelendirme, kazanma, geliştirme ve elde tutma yolunda gerçekleştirdiği tüm faaliyetlerdir.

Bir örgüt insan-yoğun hâlinden telefon, fax, e-mail ve web gibi çoklu elektronik temas noktalarına odaklanan bir yapıya bürünmeye başladığında yapıyı geliştirme, yönetme ve ölçme bağlamında müşteri ilişkileri önemli ölçüde artış gösterecektir. Sonuç olarak işletmeler çevrim dışı MİY'den elektronik kanallara yönelmektedirler. Bu yaklaşım genellikle Elektronik Müşteri İlişkileri Yönetimi olarak ifade edilmektedir (Sivaraks vd., 2011). E-MİY internetin devrim yaratan avantajlarını klasik MİY teknikleri ve yeni elektronik kanallarla (web, kablosuz internet, sesli teknolojiler gibi) bütünleştirerek bunları işletmenin genel MİY stratejileriyle uyumlaştırmaktadır (Fairhurst, 2001; Pan ve Lee, 2003; Maged ve Sarmad, 2004). E-MİY müşterilerden daha fazla gelir elde ederek kâr artışı sağlamayı amaçlayan bir e-ticaret uygulamasıdır (Madeja ve Schoder, 2003). E-MİY geniş bir MİY stratejisinin ve onun uygulamaya geçirilmesinin bir bölümüdür (Fleischer, 2001).

[1] Doç. Dr., Kastamonu Üniversitesi, Turizm Fakültesi
[2] Prof. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İİBF

1. İLİŞKİ KALİTESİ

1.1. İlişki ve İlişki Kalitesi Kavramları

Rekabetin çok arttığı günümüzde işletmelerin müşterilerine sunduğu düşük fiyat, yüksek kalite ve iyi hizmet, kısa vadede tüm rakipler tarafından yerine getirilebilir hale gelmiştir. Böyle bir rekabet ortamında faaliyet gösteren işletmeler için ilişkisel pazarlama, müşteriler ile uzun dönemli ilişkinin kurulmasına odaklanan bir anlayış olarak ortaya çıkmıştır. Geleneksel pazarlama stratejilerinden farklı olarak ilişkisel pazarlamada yalnızca müşteriler ile olan ilişkilere önem verilip diğer paydaşlar göz ardı edilmez, aksine işletme çalışanları, tedarikçiler, dağıtımcılar, müşteriler kısaca tüm paydaşlar ile kurulan ilişkiler, ilişki kalitesi adına önemli rol oynamaktadır.

İlişki, "iki ya da daha fazla tarafın ortak bir bilgi platformu oluşturmak amacıyla, birlikte düşünüp muhakeme yaptıkları bir süreç" olarak tanımlanmaktadır (Grönroos, 2000: 5). Dwyer, Schurr ve Oh (1987: 15) ilişki sürecinin beş aşamadan oluştuğunu ve bu aşamaların şu şekilde sıralanabileceğini ifade etmektedir: farkında olma (awareness), araştırma (exploration), genişleme (expansion), bağlılık (commitment) ve bozulma (dissolition):

"İlk aşamada müşteri, satıcının belirli mal ya da hizmetini satın almak için mevcut kaynaklardan biri olabileceğinin farkına varır. Alıcı ile satıcı arasında, bu aşamada henüz taahhüt yoktur. Araştırma aşamasında taraflar değişimin yararlarını, zorunluluklarını, sorumluluklarını ve değişimin içeriğini incelerler. Deneme amaçlı satın alımlar da yapılabilir. Bu aşama değerlendirme ve test etme dönemini de içerir. Genişleme aşamasında alıcı ve satıcının birbirlerine taahhüt ettikleri faaliyetler ile birlikte karşılıklı ilişkiler artar. İlişkinin olumlu gitmesi durumunda bağlılık aşamasına geçilir. Memnuniyetsizlik durumu sonucunda ya da ilişkinin tek defaya has olması sonucunda ise bozulma aşamasına geçilmiş olur."

İlişki kalitesi kavramı sosyal bilimlerin birçok alanında karşılaşıldığı gibi farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Örneğin bir çalışmada ilişki kalitesi "tüketicinin satıcı ile olan ilişkisinin beklentilerini, tahminlerini, amaçlarını ve isteklerini ne ölçüde karşıladığına yönelik algı" olarak tanımlanmıştır (Oly Ndubisi, 2007: 832).

Webster'a (1992) göre, piyasalardaki belirsiz yapının artması ile birlikte, işletmelerin daha etkili pazarlama faaliyetlerinde bulunabilmek ve dolayısıyla rekabet üstünlüğü sağlayabilmek için işlem odaklı stratejilerden, ilişki odaklı stratejilere doğru kaydıkları gözlemlenebilmektedir. Bu nedenle özellikle pazarlama alanında her türlü paydaş ile kurulan ilişkinin kalitesi önemli hale gelmektedir.

İlişkiyi temel alan yaklaşım daha çok çevrede değişkenlik ve belirsizliğin hâkim olduğu; ürünün içeriğinde hizmetin daha fazla yer aldığı ve bu hizmetin karmaşıklığı; müşterinin ürün hakkında danışmanlık alma ihtiyacının yüksek olduğu hallerde stratejik bir önem kazanmaktadır (Crosby, Evans ve Cowles, 1990).

Pazarlama bakış açısıyla ilişki kalitesi ise "alıcı ve satıcı arasındaki ilişkinin bir değerlendirmesi" olarak tanımlanabilir (Čater ve Čater, 2010: 1323). Bu süreç, nihai tüketici ile satıcı arasında oluşabileceği gibi, alıcı ve tedarikçi firmalar arasında da oluşabilir. İlişki kalitesi, nihai tüketici ve satıcı arasında incelendiğinde; hizmet çalışanlarının saygı, nezaket, samimiyet, duygudaşlık (empati) ve yardımseverlik gibi davranışlarının müşteri tarafından algılanması ve değerlendirilmesini ifade etmektedir (King ve Garey, 1997).

Levitt (1986), "ilişki kalitesini mal ve hizmet sunumlarını genişleten ve alıcı ile satıcı arasında beklenen bir değişim ile sonuçlanan soyut değerler bütünü" olarak tanımlamaktadır (akt. Oly Ndubisi, 2007). Hennig-Thurau ve Klee (1997: 751) nihai tüketici ile işletmeler arasındaki ilişki

kalitesini; "müşterinin, ilişki ile ilgili ihtiyaçlarını karşılama konusundaki yeterliliği" olarak tanımlamaktadır.

Yapılan çeşitli çalışmalarla ilişki kalitesi kavramı farklı açılardan ele alınmıştır. Örneğin, hizmet işletmeleri ve müşterileri arasındaki (Roberts, Varki ve Brodie, 2003), üretici-tedarikçiler arasındaki (Kumar, Scheer ve Steenkamp, 1995; Dorsch, Swanson ve Kelley, 1998; Walter vd., 2003); satış elemanları ile müşteriler arasındaki (Bejou, Wray ve Ingram, 1996) ve ihracatçılar arasındaki (Lages, Lages ve Lages, 2005) ilişkinin kalitesi araştırılmıştır.

Literatürde yapılan çalışmalarda ilişki kalitesini ölçmek için çok sayıda kalite boyutu tanımlanmaktadır. Dwyer vd. (1987) ilişki kalitesinin boyutlarını ilişki tatmini, güven ve menfaatçilik olarak ele alırken, Crosby vd. (1990) bu boyutları ilişki tatmini ve güven olarak incelemektedir. Bejou vd. (1996) ilişki kalitesini Crosby ve diğerlerine (1990) benzer şekilde iki alt boyutta güven ve tatmin olarak ele alırken, Walter vd. (2003) güven, bağlılık ve tatmin olmak üzere üç alt boyutta, Jap, Manolis ve Weitz'a göre ise (1999) güven, uzun dönemli odaklılık, çatışma, çözülme ve etkileşim olmak üzere beş alt boyutta incelemektedir. Bu çalışmada ise yukarıda detayları verilen literatür sınıflamaları kapsamında ilişki kalitesini belirleyen en önemli boyutlar olduğu düşünülen dört boyut (güven, ilişki tatmini, ilişki bağlılığı ve iletişim) ele alınmıştır.

1.2. İlişki Kalitesinin Boyutları

1.2.1. İlişki tatmini

İlişki tatmini, alıcının, satıcıyla arasında gerçekleşen hem geçmişteki performansını, hem de ilişki sürecinin tamamını kapsayan deneyimini duygusal ve bilişsel olarak bütüncül bir şekilde değerlendirmesidir (Lages vd., 2005). İlişki tatmini esasen yalnızca ilişki sürecindeki herhangi bir aşamaya ya da süreçteki tek bir işleme has değil, ilişkinin tamamını kapsayan toplam bir tatmini ifade eder. Genel tatmin düzeyi yüksek olan müşterilerin, satıcı ile kaliteli ilişkiler kurması beklenmektedir (Roberts vd., 2003). Müşterinin satıcının sağladığı çıktıya ilişkin beklentileri gerçekleşmediğinde, o ilişkiden tatmin olmayacak ve bu tatminsizlik, satıcının genel performansının ve kalitesinin başarısız olarak değerlendirilmesine sebep olabilecektir. Satıcı ile kurulan ilişkideki tatminsizlik, işbirliğini engelleyebilir, hukuki ihtilafları arttırabilir ve koruyucu yasal düzenlemelere ilişkin girişimleri hızlandırabilir (Ruekert ve Churchill, 1984; Dwyer vd., 1987).

Lages ve diğerleri (2005) ilişki tatminini endüstriyel pazarlara yönelik olarak üçlü boyutta ele almışlardır. Birinci boyut, alıcının ilişki sonucu algılanan genel tatmin düzeyidir. İkinci boyut, alıcının tedarikçi başarısına ilişkin algılanan tatminidir. Üçüncü boyut ise, alıcının ilişki süreci çıktılarının beklentileri karşılama düzeyine dair algılanan tatmindir. Buna göre beklentisi karşılanmamış ve tedarikçisiyle ilişkisinin tatmini düşük olan müşterinin tedarikçisiyle arasındaki ilişkinin kalitesi de düşecektir.

1.2.2. Güven

Güven; "bir tarafın ihtiyaçlarının gelecekte diğer tarafın sergilediği hareketler vasıtasıyla tam olarak karşılanacağına olan inancı" şeklinde tanımlanmaktadır. Eğer bir kişi alışverişte bulunduğu tarafın doğruluk ve dürüstlüğüne itimat ediyorsa burada güvenden söz edilebilir (Morgan ve Hunt, 1994: 23).

Literatürde sadece alıcı bakış açısı ile yapılan güven tanımları bulunduğu gibi herhangi bir taraf gözetmeksizin yapılan tanımlar da mevcuttur. Örneğin Crosby vd. (1990: 70) güveni şu şekilde tanımlamaktadır: "müşterinin güveni, satıcının uzun vadede müşterisinin çıkarlarını koruyacak doğrultuda davranacağına dair müşteride oluşan inançtır." Dwyer vd. (1987: 26) beklenti odaklı olarak şu tanımı yapmaktadır: "Güven, bir tarafın, diğer tarafın koordinasyon istekliliği, sorumluluklarını yerine getireceği ve ilişkiye odaklanacağına dair beklentileridir".

Güven, ilişki kalitesinin diğer boyutlarına oranla daha uzun sürede ve tarafların karşılıklı çabaları ve sözlerinde durmalarıyla oluşan bir süreci gerektirmektedir. Bu süreç üç aşamadan oluşmaktadır (Palmer ve Bejau, 1994):

"İlk aşamada, alıcı ve satıcı birbirini tanımadığı için güven en alt düzeydedir. Taraflar birbirleri ile çalışmaya başladıkça güven düzeyi artar ve ikinci aşamaya geçilir. Bu aşamada alıcı, satıcının verdiği sözlerde durup durmadığını temkinli bir şekilde kontrol etmektedir. Eğer alıcının beklentileri ile satıcının performansı uyuşuyorsa, güven oluşmaya başlamaktadır. Son aşamada ise, alıcının satıcıya karşı geliştirdiği güven düzeyi dışsal faktörler tarafından desteklendiğinde, alıcının genel güven algılaması oluşmaktadır."

1.2.3. Bağlılık

Bağlılık hem tutumsal, hem de davranışsal bir boyuta sahiptir (Dick ve Basu, 1994; Kumpulainen, 2014). Bağlılık, uzun süreli ve kaliteli ilişkiler için önemli bir diğer boyuttur ve tarafların birbirine ilişkisel anlamda bağımlılıklarının en üst düzeydeki göstergesi olarak tanımlanmaktadır (Dwyer vd., 1987; Gundlach, Achrol ve Mentzer, 1995). Bağlılık, bir iş ilişkisinde bulunan tarafların, ilişkilerinin son derece önemli olduğuna olan inançları ve bu ilişkiyi sürdürmek ve güçlendirmek için ellerinden geleni yapmaya olan isteklilikleri ile gelecekte iki taraf için de kar sağlaması (uzun dönem odaklı olması) üzerine kurulu bir kavramdır (Morgan ve Hunt 1994). İlişkiye olan bağlılık ise, "kararlı bir ilişkinin geliştirilmesine yönelik arzu, ilişkinin sürdürülmesine ilişkin kısa dönemli fedakârlık yapmaya rıza göstermek ve sağlam ve sürdürülebilir bir ilişkiye olan inanç" şeklinde ifade edilmektedir. (Anderson ve Weitz, 1992). İlişkiye olan bağlılık uzun süreli bir ilişki geliştirilmesi bakımından önemli bir husustur. Bununla birlikte ilişkilerin başarısını belirleyen kriterlerin de başında yer almaktadır (Morgan ve Hunt, 1994).

Ayrıca, kısa dönem odaklılık bir seferlik değişimler ile yetinirken; uzun dönem odaklılık, sürekli değişimlerle karın maksimize edilmesini hedeflemektedir (Ganesan, 1994). Dolayısıyla, ilişki odaklı bir bakış açısı beraberinde uzun dönem odaklılığı da getirmekte ve bağlılık boyutu, uzun dönem odaklı olmayı da kapsamaktadır.

1.2.4. İletişim

İlişki kalitesinin diğer bir bileşeni olan iletişim, bir ilişkinin başarılı ve uzun süreli olmasında anahtar rol oynamaktadır. İletişim; "katılanların, bilgi/sembol üreterek birbirlerine ilettikleri ve bu iletileri anlamaya, yorumlamaya çalıştıkları bir süreçtir" (Dökmen, 1994: 321). İletişim, algılama ve beklentileri açıklamak, aydınlatmak açısından önemli bir ilişki kalitesi bileşenidir (Morgan ve Hunt, 1994).

İşletme ve müşteri arasında bilgi değişimi veya zamanında ve güvenilir bilgi sunmada yeterli olarak yapılan iletişim, müşteri tatmini ve müşteri güveninin oluşturulmasında önemli rol oynamaktadır (Selness, 1998). İşletmelerin müşterilerle uzun süreli ve kalıcı ilişkiler geliştirebilmesi için müşteriye açık, içten ve sürekli karşılıklı iletişim geliştirilmesi gerekmektedir. İletişimin amacı kopuk ve dağınık ilişkileri bir düzene sokmak ve işletmenin amaçlarıyla, bireysel amaçlar arasında bilinçli bir dengenin kurulmasını sağlamaktır.

2.MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ YÖNETİMİ

2.1. Müşteri İlişkileri Yönetimi Kavramı

Modern Müşteri İlişkileri Yönetimi'nin (MİY) kökleri veri tabanı pazarlamasına dayanmaktadır. Veri tabanı pazarlaması, müşteri hizmetlerini işletmenin bütün müşterileri ile ilişki ağı oluşturarak düzenleme ve müşterilerin bilgilerine yakından odaklanma ve mevcut müşteri sayısını aşacak şekilde müşteri kazanma maksadıyla kullanmaktır (Cespedes ve Smith,1993). Öte yandan İlişkisel pazarlama MİY'ne geçişte veri tabanı pazarlamasının ardından gerçekleşen aşamadır

ve bu aşama MİY'nin temel felsefesini meydana getirmektedir (Ryals ve Knox,2001). İlişkisel pazarlamada amaç, müşteri ihtiyaçlarını gerek yer, gerek zaman ve gerekse de şekil bakımından eksiksiz bir biçimde gidermektir (Pine vd., 1995). MİY, ilişkisel pazarlamanın prensiplerinin bilişim teknolojileri yardımıyla güçlendirilerek şimdiki haline kavuşmuştur (Holland ve Naude, 2004).

MİY ilişkisel pazarlamadan geliştirilmiş bir yönetim yaklaşımıdır. Berry (1983: 25-28) ilk defa ilişkisel pazarlama kavramını "müşteri ilişkilerini cazibeli hâle getirmek, sürdürmek ve geliştirmek" olarak tanımlamıştır. İlişkisel pazarlamanın altında yatan temel düşünce müşteri odaklı bir bakış açısından hareketle birey ile uzun vadeli yakın ilişki kurmaktır. Bu bağlamda işletme her müşteri ile birebir ilişki kurarak onu elinde tutmayı, zaman içerisinde bu ilişkiyi geliştirerek kâr elde edici ve üretken bir yapı hâline dönüştürmeyi amaçlamaktadır. Buna göre ilişkisel pazarlamada tedarikçi-satıcı-alıcı arasındaki sürecin her aşamasında sürekli olarak bir kazan-kazan anlayışı benimsenmekte kaliteye ve müşteri hizmetlerine daha fazla önem atfedilmektedir.

MİY'nin temeli 1990'lı yıllarda satış otomasyonu teknolojisi ve çağrı merkezlerindeki faaliyetlere dayanmaktadır. Satış sahasındaki müşteri bilgisi ile çağrı merkezinden elde edilen bilgilerin ortak bir veri tabanında bir araya getirilmesiyle birlikte müşterilerle daha sağlam ilişkilerin kurulabileceği düşüncesiyle oluşmuş MİY kavramı birçok yazar tarafından çeşitli şekillerde tanımlanmaktadır (Osarenkhoe ve Bennani, 2007:145). MİY, yönetim biçiminin müşteri odaklı hâle gelmesidir ve örgütsel faaliyetlerin yeniden tasarlanmasını gerektirir. Buradaki amaç büyüyen ve işletmeye değer katan müşterilerle ilişkileri korumak ve geliştirmektir. Çünkü müşteri işletme için en değerli varlıktır. MİY bu varlıklar üzerinden en yüksek getiriyi elde etmek için kullanılan tekniklerin tümüdür (Hendricks vd., 2007). Pazardaki değişime bağlı olarak akademisyenler, farklı ama temelde benzer MİY tanımları ortaya koymuşlardır (Nicoline ve Kaplan, 2020:404)

Çizelge 1. Müşteri İlişkileri Yönetimi Tanımları

Araştırmacı(lar)/Akademisyen(ler)	**Tanım**
Peppers vd., 1999	Müşterinin sözlerini ve işletmenin müşteri hakkında bildiklerini temel alan müşteriye karşılık veren ilişkisel pazarlama uygulamasıdır.
Parvatiyar ve Sheth, 2001	Müşteriler ve işletme için üst seviyede değer yaratmak için belirlenen müşterileri kazanma, elde tutma ve işbirliği oluşturma süreci ve bunu amaçlayan iş stratejileridir.
Ryals ve Knox, 2001	İşletme müşterilerinin kim olduğunu, neler yaptıklarını ve nelerden keyif aldıklarını öğrenmek için oluşturulan iş süreçlerinin ve teknolojilerinin bir araya getirilmiş halidir.
Goodhue vd., 2002	Örgütlerin mevcut müşterileri, tedarikçileri veya olası müşterileri ile bir veya birden fazla kanal yardımıyla oluşan ilişkilerini yeni müşterileri kazanma, mevcut müşterileri elde tutma ve çapraz satışları artırmaya katkı sağlayan uygulama ve faaliyetler bütünüdür.
Kim vd., 2003	Müşteri davranışlarını anlamlandırmak için iş süreçlerini ve ilgili teknolojileri uyumlaştıran, bu sayede müşterilerle etkileşimleri geliştirmeyi amaç edinen yönetimsel gayretlerdir.
Reinartz vd., 2004	Müşteri ilişkilerinin sahip olduğu değeri yükseltmek için bütün bağlantı noktalarındaki ilişki başlatma, sürdürme ve sonlandırma faaliyetlerinin sistemli bir süreç şeklinde yönetilmesidir.

Geleneksel anlamda müşteri tanımı ile MİY'nin müşteri tanımı farklılık göstermektedir. Geleneksel pazarlama müşteriyi pazarlama faaliyetlerinin esas unsuru olarak görür. Diğer taraftan MİY'de müşteri ilişkisi bir süreç olarak ele alınır. Mal, hizmet veya bilgi değişimi bulunmaktadır fakat ilişki sürecin her aşamasında yer almaktadır. Böylece bir kereliğine bile ilişki kurulduğunda kişiler devamlı olarak müşteri statüsündedirler ve hiçbir zaman alışveriş tercihlerine bakılmaksızın onlarla ilişki devam ettirilmelidir (Grönroos, 2000:14).

İşletmeler MİY ile insan, süreç ve teknoloji birleşimini sağlayarak müşterilerini anlamaya çalışmaktadırlar (Mandina, 2014). MİY bir işletmenin doğru malı veya hizmeti doğru müşteriye, doğru zamanda, doğru kanaldan, doğru fiyattan ulaştırmak koşuluyla giderek artan seviyede sadık ve kârlı müşterileri belirleme, nitelendirme, kazanma, geliştirme ve elde tutma yolunda gerçekleştirdiği tüm faaliyetlerdir. MİY iş süreçlerinin otomasyonu, teknolojik çözümler ve bilgi kaynakları yoluyla satış, pazarlama, hizmet, girişim, kaynak planlaması ve arz zinciri yönetimi fonksiyonlarını her bir müşteri ilişkisini en üst düzeye çıkarmak için bütünleştirir. Ayrıca MİY girişimciler, müşteriler, iş ortakları, satıcılar ve işverenler arasındaki ilişkileri düzenler (Galbreath ve Rogers, 1999).

Çizelge 2. Klasik Pazarlama Yaklaşımı ve Müşteri İlişkileri Yönetimi Farklılıkları (Kaynak: Christopher, M., Payne, A. ve Ballantyne, David (1991). Relationship Marketing. Butterworth Heineman Ltd)

Geleneksel (İşleme Dayalı) Pazarlama	**MİY (İlişkiye Dayalı Pazarlama)**
Sadece bir işlem (satış) üzerine odaklanır.	Müşteriyi elde tutmayı amaçlar.
Ürünlerin özelliklerine yoğunlaşır.	Ürünlerin faydaları üzerinde durur.
Kısa dönemli ölçeğe sahiptir.	Uzun dönemli ölçeğe sahiptir.
Müşteri hizmetlerine daha az öncelik verilir.	Müşteri hizmetleri yüksek öneme sahiptir.
Müşterilerin bağlılığı düşüktür.	Müşteri bağlılığı yüksektir.
Müşteri ilişkileri orta seviyededir.	Müşteri ilişkileri yüksek seviyededir.
Kalite yalnızca üretim bölümünün odaklanması gereken bir konudur.	Kaliteye bütün bölümler odaklanmalıdır.

Sanayi Devriminden sonra kitle hâlinde üretime geçilmesi üretilenlerin pazarlama sorununu ortaya çıkarmıştır. Bu sorunun varlığı üreticilerle müşteriler arasındaki ilişkileri düzenleyen birçok aracının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ürünler müşteriye nihai aracılar ile dağıtılmaya başlanmıştır. Üretimin küçük ölçekli olmaktan uzaklaşıp büyük pazarlara dönük bir yapıya bürünmesi, üreticilerin maliyet ve kârlılık kavramlarını da düşünmelerine sebep olmuştur (Parvatiyar ve Sheth, 2001).

Payne ve Frow (2005) MİY'i beş süreçte incelemişlerdir:

- Strateji geliştirme,
- Değer yaratma,
- Çok kanallı entegrasyon,
- Bilgi yönetimi ve
- Performans değerlendirme süreçleri.

İşletmeler ürün merkezlilikten müşteri odaklı yapıya nasıl geçileceğini öğrenmek ve müşteri isimli yeni bir patrona sahip oldukları gerçeğini görmek zorundadırlar (Kotler, 2003:36). Yeni müşteriler elde etmenin maliyetinin mevcut müşterileri tutmak için meydana gelecek maliyetlerden çok daha fazla olduğu üzerinde fikir birliğine varılmış bir gerçektir. Stratten (2012:157) satış fiyatı birim olarak bakıldığında çokta önemli olmayan ürün (bir fincan kahve) için "Ben sadece tek bir

müşteri olabilirim ama benim hayat boyu değerim 20.000 veya 30.000 dolar" demektedir. İşletmenin duruma tek bir ürün veya müşteri olarak bakması aslında potansiyelini hayatı boyunca o işletmenin ürün yelpazesini harcama eğilimiyle kullanacak olan tüketiciyi görmemezlik olacaktır.

MİY işletmelere müşterilerin değerini, davranışlarını anlama yeteneği kazandıran, insan kaynakları ve teknolojiden yararlanma olanağı sağlayan bir stratejidir. Ayrıca işletmeler için sürdürülebilir rekabet avantajı da sağlayarak yüksek bir geri dönüş potansiyeli de sunmaktadır (Crosby, 2003). Rekabetin çok yoğun olduğu pazar koşullarında işletmeler amaçlarına ulaşmada güçlüklerle karşılaşmakta ve rekabette üstünlük kazanmak için doğru müşteri ilişkileri yönetimini tercih etmektedirler. Doğru müşteri ilişkileri yönetimiyle müşteri sadakati artacak, böylece ürün satışları da artacaktır. Aynı zamanda potansiyel müşteriler de cezbedilerek uzun dönemde satışlar da olumlu etkilenecektir. (Takala ve Uusitalo, 1996).

Müşterilerin işletmeden mal veya hizmet satın almaktan vazgeçme nedenleri araştırıldığında temel sebeplerden birisinin iletişimin kurulduğu temas noktalarının tatmin edici olmaması olduğu görülmektedir. Genelde temas noktalarının sebep olduğu eksikliklerden dolayı müşteriler herhangi bir zaman ihtiyaç duydukları bilgiyi almak için telefon, faks, elektronik veri değişim araçlarını kullanarak iletişim kurmakta ve o anda bu noktalarda çalışan personelin hızı, etkili, net ve tatmin edici hizmeti sunabilmeleri büyük önem taşımaktadır. Ancak bu hizmet bazen personelin yeterli nitelik ve niceliğe sahip olmamasından, gerekli teknolojik araçlarının eksikliğinden ya da her ikisinin de yanlış yönetiminden dolayı görülememektedir (Ryals ve Knox, 2001).

2.2. Müşteri İlişkileri Yönetimi Uygulama Süreci

İşletmeler günümüz bilgi çağında yoğun rekabet içerisindeyken müşterilerden internet, telefon gibi araçlarla sürekli bilgi toplamalılar ve bunları nitelikli olarak rafine etmelidirler. Bu doğrultuda MİY'nin müşteri ile ilişkileri bir döngüsellik içerisinde hareket ettirmesi gerekmektedir. İngilizce isimlerinin baş harfleri ile "IDIC" olarak ifade edilen bu döngü (Peppers ve Rogers, 2004:65-68):

i. Identify (I): Müşteriyi tanımlamak

ii. Differentiate (D): Müşteriyi farklılaştırmak

iii. Interact (I): Müşteri ile etkileşim kurmak

iv. Customize (C): Müşteriyi özelleştirmek unsurlarından oluşmaktadır.

2.2.1. Müşterinin tanımlanması

Hiçbir işletme belirli bir müşteri grubuyla ilişki kurmaya tanımlama yapmaksızın karar veremez. Çünkü bir ilişkinin gelişim şekline ve aşamalarına bizzat müşteriler karar verirler. Dolayısıyla bir ilişkiden söz edebilmek için, işletmenin müşteriyle gerçekten ilgilenmesi gerekmektedir (Peppers ve Rogers, 1999:89).

İşletmelerin farklı müşterilere farklı mal veya hizmet sunabilmeleri için öncelikle müşterilerini tanımlamaları gerekmektedir. Müşterilerin tanımlanması ise toplanan müşteri verilerinin analiz edilerek müşteri bilgisine dönüştürülmesiyle mümkün olabilmektedir. Müşteri verileri bir müşteriyi diğer müşterilerden ayırmaya yarayan, bu müşteri ile zaman içindeki ilişkilerin izlenmesini sağlayan ve onunla bire-bir temasa geçilmesini mümkün kılan verilerdir. Bunlar müşterilerin adres, yaş, cinsiyet, medeni hâl, gelir düzeyi ve eğitim durumu gibi sadece demografik özelliklerini içermemelidir. Aynı zamanda müşterilerin satın alma tutumları, alışkanlıkları ve davranışları ile ilgili veriler de işletmeler tarafından toplanmalı ve analiz sürecine dâhil edilmelidir (Peppers vd., 1999).

Müşteriyi doğru tanımlamak önemlidir çünkü bazı müşteriler değer yaratma potansiyeline sahip değildirler. Bu iki nedenden kaynaklanabilir: ya onlara hizmet sunmanın maliyetinin yaratılan

faydadan daha büyük olması sebebiyledir, ya da işletmenin bu müşterilere etkin olarak hizmet sunmasına imkân yaratan yetenekler birleşimine sahip olmamasındandır (Doyle, 2003:141).

2.2.2. Müşteri farklılaştırma

İşletmeler açısından müşteriler için iki yönden farklılık göstermektedir:

• Her bir müşteri işletme için farklı bir değer taşır.

• Her bir müşterinin işletmeden beklentisi farklılaşmaktadır.

Dolayısıyla müşteri farklılaştırılma süreci şöyle olmalıdır:

• Müşterileri sınıflandırırken işletmeye sağlamış oldukları katkıları dikkate almak,

• Müşterileri ihtiyaçlarına göre farklılaştırmak (Peppers vd., 1999).

Çizelge 3. Müşteri farklılaştırmasında uygulanacak faaliyetler ve dikkat edilecek unsurlar (Peppers vd.,1999)

Faaliyetler	**Dikkat Edilecek Unsurlar**
İşletmenin değerli müşterilerini belirlemek	Bir önceki yılın verilerini ve satış tutarlarını kullanarak en değerli %5'lik müşteri dilimini belirlemek
Yüksek maliyetli müşterileri belirlemek	1 yıl ve daha fazla süredir harcama yapmamış olan müşterileri belirleyerek katlanılan maliyetleri azaltmak
Geçen yıl mal veya hizmetlerle ilgili şikâyette bulunmuş değerli müşterileri bulmak	Bu müşterilerin şikâyetlerini özel olarak ele almak, mal/hizmet güvencesi ve kalite garantisi sunmak sipariş süreçlerini kontrol altında tutmak
Geçen yıla göre harcamaları azalan müşterileri araştırmak	Harcamaları azalan müşterilerin tatmin seviyesini belirlemek ve rakiplerden daha önce ziyaret edilmesi
Rakip işletmeleri tercih eden müşterileri bulmak	Bu müşteri grubuna uygun teklif ve öneriler sunmak
Müşterileri işletmeye sunduğu değere göre A,B ve C gruplarına ayırmak	Belirli müşteri gruplarına yapılan harcamaları azaltarak elde edilen tasarrufu daha değerli müşteri grubuna yönlendirmek
Gelecek yıllardaki müşteri portföyünü tahmin etmek	Bu müşterilerin bilgilerini veri tabanına kaydetmek

2.2.3. Müşterilerle etkileşim

Etkileşim doğru kurulursa pozitif sonuçlar verir. Bir müşterinin ne istediğini anlamak zor olabilir. Onları gruplara ayırmak, optimum bir maliyet çerçevesinde (1) farklarını daha iyi anlamaya, (2) çalışanlara müşteriyi anlamakta yardımcı olmaya ve (3) farklı müşteri türleri için farklı stratejiler oluşturup yönetmeye yardımcı olur (Peppers ve Rogers, 2008:107). Etkileşim sürecindeki amacı müşterileriyle birebir ilişkiler geliştirmek olan bir işletmenin bu süreçte dikkat etmesi gereken konular şunlardır (Srivastava, 2002):

• Her bir müşteri bölümüne gönderilecek mesajın içeriğinin çok iyi belirlenmesi gerekir. Gönderilecek mesajların o bölüm için planlanan stratejiyle uyumlu olmasına dikkat edilmelidir.

• Mesajın gönderileceği kanalın seçiminde maliyet, etkinlik ve uygunluk kriterleri göz önünde bulundurulmalıdır.

• Etkileşim kesinlikle rahatsız edici olmamalıdır.

• Sonuç müşteriler için bir fayda yaratmalıdır.

• Etkileşim sonunda işletme müşterilerine karşı davranışlarını değiştirmeli ve farklı müşteri tiplerine karşı farklı davranışlar geliştirebilmelidir.

Çağrı merkezleri, web siteleri ve elektronik posta adresleri, sesli yanıt sistemleri, kablosuz iletişim protokolü (wap-wireless application protocol), kısa mesaj servisi, otomatik satış terminali (pos-point of sale), kısa mesaj servisi (sms), otomatik vezne makineleri (atm-automatic teller machines), kiosk sistemler (Örneğin, smard card uygulamaları, elektronik ticaret, internet bankacılığı, müşteri sadakati, müşteri servisi ve yol gösterme, reklam ve tanıtım faaliyetleri), yüz yüze etkileşim, tele-pazarlama ve televizyon aracılığıyla iletişim müşteri ile etkileşimde kullanılan kanallardan bazılarıdır.

2.2.4. Müşterilere birebir hizmet sunulması

Önceden müşteriler hakkında elde edilen verilerin kullanılarak müşterilere hizmet şeklinde yansıtıldığı aşamadır. Oluşturulan müşteri bilgi sisteminde yer alan her bir müşteriye karşı nasıl davranılacağı, hangi tekliflerde bulunulacağı ve müşteri ihtiyaçlarının hangi yollarla giderileceği konularında faydalanılmaktadır. Müşterilere birebir hizmet sunulması, her bir müşteri için farklılaştırılmış mal veya hizmetin üretildiği aşamadır. MİY'nin temel düşüncesinde müşteriye ilişkin bütün kanallardan edinilen veriler doğrultusunda işletmenin müşteriye karşı davranışını belirlemesi, gerekirse de bu davranışı farklılaştırması vardır. İşletmelerin tek tek her bir müşteri nezdinde mal ve hizmetlerin, etkileşimlerin, önerilerin seçilmesi ve sunulabilmesi için kullanılan teknolojiyi fayda/maliyet analizini revize etmesi, çeşitli maliyetleri karşılamak zorundadır. Kişiye özel kitle tipi üretim yardımıyla müşterilerin ihtiyaçlarına göre özel bir biçimde üretim gerçekleştirmek yalnızca aynı süreçleri tekrar seri üretim sistemleri dâhilinde geliştirmek suretiyle kitlesel üretim kazanımlarından yararlanmak mümkün olmaktadır. Müşterilere kişiye özel mal veya hizmet sunabilmek için ön koşul, kullanılan üretim süreçlerinin parçalı bir bütün şeklinde planlanmasıdır. Müşteriden önceden tespit edilmiş olan standart parça alternatifleri arasından tercih yapması beklenir, bunun üzerine belirlenen standart parçalar kitlesel üretim sisteminde hazırlanır. MİY'nin hem amacı, hem de Geleneksel Pazarlama anlayışından farklılığı üretilen ürünler için daha çok müşteri edinmekten ziyade ihtiyaçları daha iyi kavranmış müşterilere daha çok ürünü arz etmektir. (Peppers vd., 1999).

MİY'nin birinci ve ikinci uygulamalı aşamalarından müşteri tanımlama ve müşteri farklılaştırma aşamaları çoğunlukla analiz gerektiren işlemlerden oluşmaktadır. Diğer taraftan müşteriyle etkileşim ve müşteriye birebir hizmet sunma basamakları müşterinin doğrudan görülebildiği ve hissedilebildiği faaliyet aşamalarıdır. Söz konusu aşamalar MİY'ni kullanmayı arzulayan işletmelerce dikkatli bir şekilde izlenmelidir. Çünkü müşteriler tanınmazsa, farklılaştırılma yapılamaz, davranışları bilinemez, ihtiyaçları ise giderilemez. Böyle bir durum rekabetin çok yoğun yaşandığı günümüz koşullarında işletmeler tarafından görmezden gelinmeyecek bir noktadır (Peppers vd., 1999).

2.3. Müşteri İlişkileri Yönetiminin Türleri

Çizelge 4. MİY Türleri (Buttle, F.,2009:4)

MİY Türleri	**Baskın Özellikleri**
Stratejik	Kârlı müşteriyi elde etme ve tutmayı amaçlayan müşteri merkezli bir stratejidir.
Operasyonel	Satış, pazarlama ve müşteri hizmetleri gibi müşteriyle etkileşim kurulan süreçlerin otomasyonu üzerinde yoğunlaşmaktadır.
Analitik	Stratejik ya da taktiksel planlar için müşterilerle ilgili verilerin anlaşılır veri madenleri üzerine odaklanmaktadır.
İşbirlikçi	İşletme, hissedar ve müşteri değerini optimize etmek amacıyla örgütsel sınırlara teknolojinin uygulanmasıdır.

2.3.1. Stratejik müşteri ilişkileri yönetimi

Bu yönetim türü müşteri süreçlerinin kısa ya da uzun olmasına bakılmaksızın tüm fonksiyonların tanımlanması ve kârlılık oranının belirlenmesinde kullanılır. Stratejik Müşteri İlişkileri Yönetimi:

• Farklı pazar bölümündeki müşteri türlerini planlayabilmek,

• Klasik ürün temelli maliyet modelinden farklı olan müşteri odaklı bir maliyet modeli kullanarak müşterilerin değerlerini analiz edebilmek,

• Pazar bölümleri ve bireysel müşteriler yoluyla müşterilere göre gelir, kârlılık ve toplam kârlılığı hesaplayabilmek,

• Pazarlama ve satışta yapılan yatırımların maliyet etkinliğini değerlendirebilmek ve

• Müşterilerin işletmeyi terk etmelerinin tarihsel bir matrisini düzenleyebilmek için kullanılır.

Müşteri merkezli stratejiler müşteri odaklı bilgi gerektirir. Fakat birçok tüketici doğal olarak kişisel bilgisini açıklamak ve onu bir işletmeye vermek konusunda isteksizdir. Bu durum ayakları yere basan özel yaşama saygı alanı ve veri koruma politikası uygulanarak kısmen çözülebilen ve yönetilebilen doğal bir çatışma ortamı yaratır (Peppers ve Rogers, 2008:210).

2.3.2. Operasyonel müşteri ilişkileri yönetimi

Bu yönetim türü müşterilerle temas kurulan bütün konumlardan müşteri bilgilerinin edinildiği basamaktır. Müşterilere ilişkin yeni verilerin derlenmesi ve hâlihazırdaki müşteri bilgilerinin güncel bir hale getirilmesinin gerçekleştirildiği aşamadır. Burada gerçek verileri, doğru kanallardan, uygun zamanda ve etkin yöntemlerle toplamak önemlidir. Pazarlama, hizmet, satış gücü, müşteri süreçleri otomasyonu gibi ön ofis alanlarını ve sipariş yönetimi, tedarik zinciri yönetimi gibi arka ofis uygulamalarını kapsamaktadır. Diğer MİY aşamalarına kaynak oluşturur. Ön ofisteki iş süreçleri, arka ofis muhasebe sistemleri, satış ve pazarlama hizmetleri, iş süreçlerinin kontrolü gibi konuları düzenlemekte ve bütünleştirmektedir (Rajola,2003:28; Rababah vd.,2011).

2.3.3. Analitik müşteri ilişkileri yönetimi

MİY'nin analitik müşteri ilişkileri yönetimi türü tepe yönetimin, pazarlama yöneticilerinin ve satış elemanlarının müşteri istek ve ihtiyaçlarını, işletmenin müşterileri ile etkileşimlerini daha iyi kavramasına yardımcı olan karar destek sistemlerinden yararlanıldığı aşamadır. Uygulama aşamasında elde edilen tüm verilerin çözümlenerek sistemli enformasyona evrilmesi, böylece işe ilişkin tüm vakaların daha net kavranmasını amaçlamaktadır. Elde edilen verilerin analiz edilmesiyle müşteri bölümleri, müşteri profilleri, davranış kalıpları oluşturulabilir ve bunların tamamı pazarlama kararlarının bir girdisi haline dönüştürülür. Pazarlama karar süreçleri için kullanılmak üzere birleştirilen konuya odaklanan, zaman bazlı, tutarlılığı olan ve geçerli verilerden meydana gelen veri ambarları, spesifik pazarlama problemlerine yönelik oluşturulan küçük veri ambarları olarak tarif edilen data martlar, her bir veri arasındaki ilişkiyi anlamlandırma ve belirlenen problemleri çözüme kavuşturmak üzere uygulanan veri madenciliği, rapor hazırlama ve görüntüleme işlemleri için kullanılan uygulamalar, pazarlama eylemlerinin, kampanyalarının planlanabildiği ve durumlarının gözlemlenebildiği pazarlama otomasyon sistemi ve kampanya yönetim sistemi uygulamalarının tamamı analitik müşteri ilişkileri yönetiminin unsurlarını oluşturmaktadır (Rajola, 2003:26-27).

2.3.4. İşbirlikçi müşteri ilişkileri yönetimi

Toplanan müşteri verileri iş ortaklarıyla, belirli kanallarla ve tüm tedarikçilerle paylaşılarak her bir müşteriye özel bir şekilde hazırlanan teklifler, mal ve hizmetlerin sunulması için uygulanan

işbirliği aşaması olarak ifade edilir. Müşterilere uygun kanal aracılığıyla ulaşılabilmesi ve ürün sunulabilmesi kapsamında bu kanalların etkin yönetimini gerektirmektedir. İşbirlikçi müşteri ilişkileri yönetimi aşamasında operasyonel müşteri ilişkileri yönetimi ve analitik müşteri ilişkileri yönetimi faaliyetleri neticesinde edinilen veriler yardımıyla, bütün kanallardan müşterinin içinde bulunduğu bölüme uygun olacak ürün teklifi hazırlanır. Müşteri tarafından seçilecek iletişim kanalı belirlenerek konuya ilişkin analiz çalışmalarına geçilir (Rajola, 2003: 27-28).

2.4. Elektronik Müşteri İlişkileri Yönetimi

En temel düzeyde ele alınırsa açık-seçik bir şekilde bir işletmenin varoluşu için müşterinin önemi çok büyüktür. İşletmeden, işletmenin mal veya hizmetlerinden tatmin olan bir müşterinin ilgili işletmeden daha fazla mal ya da hizmet satın alacağı, daha sadık olacağı ve daha fazla satış geliri ya da kâr sağlayacağı olasıdır (Anton, 1996). Diğer taraftan tatmin olmayan bir müşteri diğer potansiyel müşterileri kötü yönde etkileme bağlamında ikna gücüne ve yeteneğine sahip olabilecektir. Bu sebepledir ki MİY, akademik camiada ve iş hayatında sıklıkla kullanılan ve incelenen önemli bir ilgi odağı hâline gelmiştir.

Bazı işletmeler müşterilerinin ihtiyaçları, istekleri ya da hayalleri hakkında yeterli bilgiye sahip değildirler. İşletmeler günümüzde bu zayıf yanlarını düzeltme konusunda teknolojik gelişmelerden yararlanma yollarını ve yöntemlerini öğrenmeye başlamışlardır (Forrest, 2001).

Müşteri ihtiyaç analizi pazar ve müşteri hakkında derinlemesine bilgi elde edebilmek için yapılan analizdir. Bu analiz her mal veya hizmet için yapılabilir. İhtiyaçlar bir müşterinin tutum ve davranışlarının arkasındaki neden'i ve sıklıkla nasıl'ı temsil eder. Müşterilerin nasıl satın almak istedikleri, neden satın almak istedikleri kadar önemli olabilir. Asıl üzerinde durulması gereken nokta ihtiyaçların sadece ürün kullanımıyla değil, aynı zamanda geniş bir ihtiyaç kümesiyle ya da ürün, çapraz alım ürün ve hizmet fırsatları, teslimat kanalları, iletişim tarzı ve kanalları, faturalama yöntemleri vs. birleşimiyle ilgili olmasıdır (Peppers ve Rogers, 2008:219).

Müşteri uyumunu (müşterinin istek, ihtiyaç ve taleplerine uygun mal veya hizmet sunma) oluşturabilme çabaları müşteri inovasyonunu doğurur. Müşteri inovasyonu müşteri uyumu bakışı ile yalnızca ürünler üzerinde yeniliği değil, tüm problemlere yönelik yenilikçi bir bakış açısını ifade eder. Bu nedenle müşteri inovasyonu için çözüm odaklı olma ve esneklik ön koşullardır. Bugün gördüğümüz önemli inovatif eylemlerin ve ürünlerin büyük bölümünün kökleri müşterilerle birlikte yürütülen küçük ölçekli sorun çözme çabalarına dayanır. Bu çözümler alınmış, uyarlanmış, daha iyi hâle getirilmiş ve herkese uygun yeni mal ve hizmetlere dönüştürülmüştür (Fisk, 2010:228).

Günümüzde işletmeler ilişkisel pazarlama stratejilerini destekleyen müşteri hizmetlerini giderek daha yüksek bir oranda yeni teknolojinin yarattığı e-hizmetlerle yerine getirmeye başlamışlardır (Taylor ve Hunter, 2002). Bir örgüt insan-yoğun hâlinden telefon, fax, e-mail ve web gibi çoklu elektronik temas noktalarına odaklanan bir yapıya bürünmeye başladığında yapıyı geliştirme, yönetme ve ölçme bağlamında müşteri ilişkileri önemli ölçüde artış gösterecektir. Sonuç olarak işletmeler çevrim dışı MİY'den elektronik kanallara yönelmektedirler. Bu yaklaşım genellikle Elektronik Müşteri İlişkileri Yönetimi (E-MİY) olarak ifade edilmektedir (Sivaraks vd., 2011).

E-MİY internetin devrim yaratan avantajlarını klasik MİY teknikleri ve yeni elektronik kanallarla (web, kablosuz internet, sesli teknolojiler gibi) bütünleştirerek bunları işletmenin genel MİY stratejileriyle uyumlaştırmaktadır (Fairhurst, 2001; Pan ve Lee, 2003; Maged ve Sarmad, 2004). E-MİY müşterilerden daha fazla gelir elde ederek kâr artışı sağlamayı amaçlayan bir e-ticaret uygulamasıdır (Madeja ve Schoder, 2003). E-MİY geniş bir MİY stratejisinin ve onun uygulamaya geçirilmesinin bir bölümüdür (Fleischer, 2001). E-MİY yazınında araştırmacılar ilgili paradigmayı farklı bakış açılarına göre tanımlamışlardır. Bu bağlamda E-MİY'nin karakteristikleri çizelge 2.5'de verilmiştir (Sivaraks vd., 2011):

Çizelge 5. E-MİY Karakteristikleri

E-MİY Karakteristikleri	
1-MİY'nin bir bölümü	17-İnternet üzerinden sesli iletişim (VOIP-Voice Over Internet Protocol)
2-MİY'ni geliştirir	18-Kişisel Dijital Yardımcı (PDA-Personal Digital Assistant)
3-Teknoloji odaklı	19-Etkileşim
4-Elektronik kanalları kullanır	20-Çevrim içi pazarlama
5-Dijital kanalları kullanır	21-Çok kanallı iletişim
6-E-iş bağlamı vardır	22-Süreç otomasyonu
7-Ağ bağlantısı temas noktası	23-İnternetten elde edilen veri
8-İnternet	24-Kişiselleştirme
9-Web	25-Satışlar
10-Mobil	26-Pazarlama
11-Kablosuz	27-Hizmet
12-Televizyon	28-E-mesajlaşma (e-ileti sistemi)
13-E-mail	29-Akıllı arama motoru
14-Etkileşimli sohbet	30-Beni ara (çağır) düğmesi
15-E-forum	31-Veri madenciliği
16-Çevrimiçi satın alma	

Değerli müşterilerle uzun dönemli ilişkiler geliştirmek dinamik bir çevrede genellikle kârlılığa açılan bir kapı olarak görülmektedir. E-MİY günümüz sanayisinde temel stratejik araçlardan birisidir. Ayrıca elektronik dünyada ilişkisel pazarlamanın ana paradigması hâline gelmiştir (Chen ve Chen, 2004). Bradshaw ve Brash (2001) İnternet teknolojisi kullanan işletmelerin pazarlama ilişkileri geliştirmede daha etkili olacaklarını iddia etmektedirler. Feinberg ve Kadam (2002) İnternetin bir ticaret ve bilgi kanalı şeklinde kullanılmasının işletmelere MİY'nin web işlevlerini hayata geçirmede fırsat sağlayacağını ifade etmişlerdir.

2.4.1. Elektronik müşteri ilişkileri yönetiminin unsurları

E-MİY'nin temel ilkeleri geleneksel MİY ile paralel özelliklere sahiptir. MİY özelliklerine değer katan hizmetler de denilmektedir (Kuttainen vd.,2005). E-MİY unsurları şu başlıklar altında incelenmektedir;

Müşteri Odaklılık

MİY'de olduğu gibi E-MİY'de de müşteri odaklılık büyük önem taşımaktadır. İşletmelerin müşteri odaklı olup olmadıklarını anlayabilmek için yararlanılan başlıca kriterler şunlardır (Luck ve Lancaster,2003):

- Müşteri sadakatine odaklanmak,
- Üstün ürünler ve hizmet faydaları sunmak,
- Vizyon odaklı bir bakış açısı taşımak,
- Müşteri hizmetlerinde rol model olmak,
- Müşteri bağlılığını sağlamak ve

• Kaliteye yönelik ilgiyi işletmede en tepeden en alta kadar herkese yaymak.

Web Tabanlılık

İnternet pazarlamada büyük bir devrim gerçekleştirmiştir. Sanal ortamda her kullanıcının yaptığı eylem pazarlama bilgisinin bir parçasını oluşturur. Bu bilgilerle işletmeler veri tabanı oluşturarak sınırsız bir müşteri profili yaratabilirler. İnternet ile müşteri hakkında daha fazla kişisel bilgi elde etmek ve ulaşılan bilgi sayesinde etkili bir şekilde birebir müşteri ilişkisi kurmak olanaklı hâle gelmiştir (Prabhaker, 2000).

Web ortamının müşterilerle ilişki kurmak ve onların memnuniyetlerini arttırmak açısından etkili bir ortam olduğu kabul edilmektedir. Web, işletmelerin sunmuş oldukları mal ve hizmetlere müşterilerin göstermiş oldukları tepkilerin tutarlı ve geçerli bir şekilde belirlenmesini, onlarla hızlı bağlantı ya da ilişki kurulmasını sağlamaktadır (Yoon vd., 2008).

Kullanıcıların veya müşterilerin işletmelerin web sitelerinden bilgi edinme ya da satın alma amaçlı olarak yararlanmaları bu sitelerin gelecekte daha önemli bir E-MİY aracı hâline geleceğine işaret etmektedir (Feinberg ve Kadam, 2002).

Özellikler

E-MİY'nin özelliklerini Khalifa ve Shen (2005) satış öncesi, satış esnası ve satış sonrası; Ross (2005) ise pazarlama, satış ve hizmet şeklinde sınıflandırmıştır. Sterne (1996) E-MİY'nin alanlarını:

• Satış öncesi bilgi (kurum ve ürün),

• E-ticaret hizmetleri ve

• Satış sonrası destek olmak üzere üç genel kısma ayırmıştır. Daha sonra Anton ve Postmus (1999) bu üç alanla ilgili olarak 25 faktör belirlemişlerdir.

Satış öncesi bilgi

• Sitenin kişiselleştirilmesi: Web tabanlı müşteri ilişkilerinin en önemli avantajı siteyi inceleyen müşteriye bir bilgi yığını sunmasıdır. Diğer taraftan bu çok miktardaki bilgi sitenin tasarımını zorlaştırma anlamında bir zayıflık olarak nitelendirilmektedir. Siteler kullanıcılara istedikleri içeriği görebilme bağlamında kişiselleştirme olanağı sunmaktadır. Web tabanlı MİY'nin gelecekte bürüneceği hâl kişiye özel web siteleri olacaktır. İlk ziyaretinde siteyi kişiselleştirmeye uygun gören müşteri bir dahaki girişinde sadece kendi tercihlerini görebilme olanağına sahip olacaktır (Örneğin, www.yahoo.com, www.my.yahoo.com gibi).

• Alternatif kanallar: İşletme ile iletişim kurulabilecek farklı yollar bulunmaktadır. Örneğin, e-mail, fax, ücretsiz hatlar (toll-free numbers), posta adresi, geri arama düğmesi, İnternet üzerinden sesli iletişim ve ilan panosu (bulletin board) gibi.

• Yerel arama motoru: Ziyaretçiye web sitesi üzerinde özel cevapları hızlı bir şekilde yerleştirme olanağı sunmaktadır.

• Üyelik: Ziyaretçi bir şifre talep edebilir ve böylelikle web sayfaları arasında güvenlikli şifresiyle dolaşabilir.

• E-Posta listesi: Ziyaretçi daha fazla bilgi almak için kendi e-posta adresini bir listeye ekleyerek otomatik postaları alabilir. Buna genellikle bülten (newsletter) adı verilir.

• Site gezintisi: Ziyaretçi web sitesinde bir tura çıkabilir.

• Site haritası: Web sitesinin sayfalarını içerisinde barındıran hiyerarşik bir şemadır. Site görünümü, site dizini gibi adlarla da ifade edilmektedir.

• İlk defa kullananlar için tanıtım: Siteyi ilk defa kullananlar bir tanıtım sayfasıyla karşılaşmaktadırlar. Bu sayfa siteyi en etkili kullanma anlamında bilgi sağlamaktadır.

• Sohbet: İnternetin kendiliğinden avantaj yaratan temel bir faydası vardır. Ziyaretçilere kendi aralarında etkileşimde bulunma imkânı sunarken aynı zamanda site için de içerik yaratma fırsatı oluşmaktadır. Sohbet ziyaretçiye bir veya birden fazla kişiyle eş zamanlı iletişime geçme olanağı sunar.

• Elektronik ilan panosu: Diyalog forumları ziyaretçilere başkalarıyla veya diğer şeylerle ilgili bilgi paylaşma olanağı sağlarken aynı zamanda web sitesinin müşteri ihtiyaçlarına göre yapılanmasına da fırsat tanımaktadır.

E-ticaret (Elektronik Ticaret) hizmetleri

E-ticaretin yarattığı teknolojik olanaklar mal veya hizmetlerin kişiselleştirilmesinde, müşteriye sunulmasında ve pazar bölümlerinin tespit edilmesinde klasik MİY'ye göre çok daha etkin hareket edilmesini sağlamaktadır (Fairhurst, 2001).

• Çevrimiçi satın alma: Ziyaretçiler mal veya hizmetleri çevrimiçi satın alırlar.

• Çevrimiçi ürün bilgisi: Kullanıcılar web sitesi üzerinden ürünle ilgili bilgileri okuyabilirler.

• Kişiselleştirme olanakları: Ziyaretçiler sipariş vermeden önce mal ya da hizmeti çevrimiçi olarak kişiselleştirme imkânı bulurlar. Örneğin, ziyaretçi bir bilgisayarı satın almadan önce görünümünü kendi beğenisine ya da ihtiyacına göre değiştirmek isteyebilir.

• Satın alma koşulları: Satın alma ve sözleşme koşulları çevrimiçi olarak görülebilir. Satın alma şartları nakliye sürecini, iade politikasını, güvence, garanti ve diğer işletme ilişkilerini içerir.

• Ürünün ön izlemesi: Kişiselleştirilmiş ürün satın alınmadan önce görüntülenebilir. Ürün kısa bir film veya tanıtım (demo) olarak müşteriye sunulabilir.

• Bağlantılar: Kullanıcı kolaylıkla ve sorunsuz bir şekilde diğer işletmelerin tamamlayıcı ürünlerini görebilir (dış bağlantılar).

E-ticaret işletmelere klasik ticarette yer almayan bilişim ve iletişim teknolojilerini etkin bir biçimde kullanma avantajını sunmaktadır. Teknolojik imkanlar işletmelerin müşteriyle ilgili bilgileri daha hızlı, daha detaylı ve sürekli güncellemeye uygun bir şekilde aynı veri tabanında bir araya getirmesine fırsat oluşturduğundan MİY'nin etkinliğinde büyük bir artış sağlamaktadırlar (Fairhurst, 2001).

Satış sonrası destek

Ross (2005)'un ifade ettiği gibi MİY'nin müşteri hizmetleri ile bireysel olarak müşterilerin sorunlarına ilişkin yazışmalarını cevaplamak, müşterilerin bir hizmet temsilcisi ile etkileşime geçebileceği ve ürün hakkındaki sorularını yanıtlayacağı satış sonrası destek eylemleri güncelliğini korumaktadır. 1990'lardan bu yana iletişim merkezleri ya da müşteri etkileşim merkezleri olarak isimlendirilen daha geniş bir paradigma hâline gelmiştir.

• SSS: Sıkça sorulan sorular ve cevapları okumak için uygun hâlde bulunur.

• Problem çözme: Müşteriler mallarla veya hizmetlerle ilgili sorunları çevrimiçi olarak kendi kendine yardım eden şablonlar aracılığıyla çözmektedirler.

• Şikâyet etme becerisi: Şikâyetler ve problemler çevrimiçi olarak detaya dökülebilir.

• Yedek parçalar: Yedek parçaları ve tamamlayıcı ürünleri çevrimiçi olarak sipariş etmek olanaklıdır.

2.4.2. Elektronik müşteri ilişkileri yönetiminin faydaları

MİY ve onun elektronik ticaret altyapısına uyumlaştırılması ile söz konusu olan E-MİY uygulamaları sayesinde hizmetler günün 24 saatine ve yılın 365 gününe yayılarak hem müşteri ihtiyaçlarına sürekli şekilde cevap verilebilmekte, hem de hizmet sunumuyla ilgili maliyetlerde önemli tasarruf sağlanmaktadır (Feinberg vd., 2002). E-MİY birçok örgüt tarafından kullanılan ve en hızlı büyüyen yönetim uygulamalarından birisi olarak ortaya çıkmış ve sağladığı faydalar işin yapısına, müşteri etkileşim sıklığına, algılanan risk ve yararlara bağlı olarak da değişiklik göstermiştir (Mang'unyi, Khabala ve Govender, 2018: 252). Elektronik müşteri hizmetleri ile müşteri ilişkilerini artıran işletmeler müşterilerinin isteklerine optimum seviyede cevap verebilmekte ve sadakatlerini yükseltebilmektedirler. Bu da işletmelerin etkinliğini ve kârlılığını artırmaktadır (Khalifa ve Shen, 2005).

Birçok araştırma şirketler ve müşteriler açısından E-MİY uygulamalarının kalite gelişimine katkısına vurgu yapmaktadır. Bunun temel sebebi olarak da, zaman ve harcanan çabadan tasarruf, faaliyet ve yönetsel giderlerde azalma ve etkileşim kalitesinin artırılması öne çıkarılmaktadır (Farmania, Elsyah ve Tuori, 2021, 4). Elektronik müşteri hizmetlerinin işletmelere sağladığı başlıca faydaların işletme içinde ve tedarik zinciri dâhilinde etkinlik artışı, müşteri beklentilerine yönelik gerçeğe en uygun bilgi elde etme ve üretim sürecinde yer alan finansal kaynak kullanımındaki azalmalar olduğu ifade edilebilir. Bu şekilde maliyetlerini aza indirgeyebilen işletmeler sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmektedirler. Temel olarak bütün E-MİY uygulamalarının işletmelere belli açılardan değer sağlama potansiyeli bulunmaktadır (Adabanjo, 2003).

Örgütsel süreçlere uygun olarak geliştirilmiş bir E-MİY sistemi ile (Burr vd., 2007):

• Müşteri ile iletişim maliyetlerinde azalma sağlanmakta,

• Çalışanlara web tabanlı olarak kendi kendine işlem yapma (self-service) imkânları sağlanarak yönetsel kontrol azaltılmakta,

• Hizmet sunumu, üretim ve dağıtım arasında bütünleşme sağlanarak değer zincirinde maliyetler azaltılmakta,

• İnternet pazarlaması ile satış artışı ve geliri elde edilmekte,

• Müşterilerin işletme ile etkileşimleri artırılarak hizmet artışına yönelik imkânlar elde edilmektedir.

Bir işletmenin E-MİY'ni uygulamasının hizmet pazarlamasına olan avantajları hızlı hizmet veya tepki verme zamanlaması, çift yönlü hizmet ilişkileri ve müşteriler için doğru zamanda ve doğru yerde hizmet sağlama yeteneğini geliştirmesidir (Pan ve Lee,2003). Özetle E-MİY uygulamaları yardımıyla daha fazla sayıda müşteri, Pazar payı ve karlılığa ulaşılabilmesi mümkün olmuştur (Mang'unyi, Khabala ve Govender, 2018: 252).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde teknoloji alanında gerçekleşen hızlı gelişmeler ve artan rekabet baskısı, hizmet sektöründe ve özellikle havayolu taşımacılığı bağlamında kendini göstermiş ve bireyin satınalma sürecinde etkili olan her faktörün, dolayısıyla da müşteri ilişkileri yönetiminin buna göre yeniden düzenlenmesini bir zorunluluk haline getirmiştir. Bu kapsamda elektronik müşteri ilişkileri uygulamaları yardımıyla müşterinin elde tutulması ve satışların artırılması mümkün gözükmektedir. Araştırmacıların da, MİY ile müşteri sadakati, ilişkisi kalitesine ilişkin yapmış oldukları çalışmalarının sonuçlarına göre; ilişki kalitesinin önemi işletmelerin müşteriyi kazanma, elde tutma çabalarında dikkate alınması gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Genel müşteri profili artık gelişen teknolojiye bağımlı yaşayan günümüz tüketim toplumundan oluşmaktadır. Bu; teknolojiye uyumun işletmeler açısından kaçınılmaz olduğunu göstermektedir. Bu nedenle işletmelere, E-MİY uygulamalarına ağırlık vermeleri önerilmektedir. Öncelikle, daha önce de belirtildiği üzere müşteri istek ve ihtiyaçlarını belirlemek üzere sistem

geliştirmeye odaklanmaları gerekmektedir. Bu anlamda da takip ve ihtiyaç sistemleri oluşturmaları, danışmanlık hizmetlerini geliştirmeleri, rekabet üstünlüğü açısından yaş, cinsiyet, medeni durum değişkenlerinin dikkate alındığı hizmet çeşitliliği sağlamaları, müşteri odaklı hizmet anlayışı geliştirmeleri ve sadakat programlarına ilişkin çalışmalara yönelmeleri önerilmektedir. E-MİY uygulamalarının zaman tasarrufu, hizmet maliyetini minimize etmek gibi hiç de azımsanmayacak özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikleri müşteri kazanma teknikleri ile uyumlaştırarak, ilişki geliştirme evresinde ve müşteri oryantasyonunu sağlama konularında da değerlendirmeleri önerilmektedir. Etkili bir müşteri ilişkileri geliştirme yönetimi ile müşteriyi elde tutma ve gerçek sadakati kazanmada rakiplere göre önemli avantaj elde edilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Adabanjo, D. (2003). Classifying and Selecting e-CRM Applications: An Analysis-based Proposal, Management Decision, 6(4), 570-577.

Anderson, E., and Weitz, B. (1992). The Use of Pledges to Build and Sustain Commitment in Distribution Channels, Journal of Marketing Research, 29(1),18-34.

Anton,J.(1996). Customer Relationship Management, Prentice Hall, New York, NY.

Anton,J.,and Postmus, R.(1999). The CRM performance index for Web based customer relationship management, Center for Customer Driven Quality, Purdue University.

Berry, L.L. (1983). "Relationship Marketing." In Emerging Perspectives on Services Marketing. Eds. Leonard L. Berry, G. Lynn Shostack, and Gregory Upah. Chicago, IL: American Marketing Association, 25-28.

Bradshaw, D., and Brash, C.(2001), Managing customer relationships in the e-business world: How to personalize computer relationships for increased profitability, International Journal of Retail and Distribution Management, 29(5), 520-529.

Burr, L.C., R.A. Patterson, E. Rolland, and K.F. Ward. (2007). Integration of e-CRM in Healthcare Services: A Framework for Analysis, International Journal of e-Business Research, 2(3), 1-12.

Buttle, F.(2009). Customer Relationship Management: Concepts and Technologies, Second Edition, USA, Elsevier Publishing.

Čater, T., and Čater, B. (2010). Product and relationship quality influence on customer commitment and loyalty in B2B manufacturing relationships, Industrial Marketing Management, 39(8), 1321-1333.

Cespedes, F.V. and Smith, H.J. (1993). Database Marketing: New Rules for Policy and Practive, Sloan Management Review, 34, 7-22.

Chen,Q., and Chen, H.M.(2004). Exploring the success factors of e-CRM strategies in practice, Database Marketing & Customer Strategy Management, 11(4), 333-343.

Christopher, M., Payne, A. and Ballantyne, D. (1991). Relationship Marketing. Butterworth Heineman Ltd.

Crosby, A.L. (2003). Exploding Some Myhts About Customer Relationship Management, Managing Service Quality: An International Journal, 12(5), 271-277.

Crosby, L. A., Evans, K. R., and Cowles, D. (1990). Relationship quality in services selling: an interpersonal influence perspective, The Journal of Marketing, 54(3)68-81.

Dick, S.A. and Basu, K. (1994). Customer Loyalty; Toward An Integrated Conceptual Framework, Journal of The Academy of Marketing Science, (22-2), 99-113.

Dorsch, M. J., Swanson, S. R., and Kelley, S. W. (1998). The role of relationship quality in the stratification of vendors as perceived by customers, Journal of the Academy of Marketing Science, 26(2), 128-142.

Dökmen, Ü. (1994). İletişim Çatışmaları ve Empati, İstanbul: Sistem Yayıncılık.

Doyle, P. (2003), Değer Temelli Pazarlama: Şirketinizi Büyütmek ve Hissedar Değeri Yaratmak için Pazarlama Stratejileri, Çev. Gülfidan Barış, Mediacat Yayınları, İstanbul

Dwyer, F. R., Schurr, P. H., and Oh, S. (1987). Developing buyer-seller relationships, Journal of Marketing, 51(2) 11-27.

Fairhurst, P. (2001). e-CRM, Journal of Database Marketing, 2(8), 137-142.

Farmania, A., Elsyah, R.D. ve M.A. Tuori. (2021). Transformation of CRM Activities into e-CRM: The Generating e-Loyalty and Open Innovation, Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexty, 7 (109), 1-20.

Feinberg, R., and R. Kadam.. (2002). e-CRM Web Service Attributes as Determinants of Customer Satisfaction with Retail Websites, International Journal of Service Industry Management, 5(13), 432-451.

Fisk, P. (2010). Müşteri Dehası, Çev. A. Özer, İstanbul: MediaCat Kitapları.

Fleischer, J.(2001). Changing the fabric of customer service, Call Center Magazine, pp.24-38.

Forrest, J. (2001). Customer Relationship Management: The State-of-the-Art, The British Journal of Administrative Management, 24, 24-25.

Galbreath, J. and Rogers, T. (1999). Customer Relationship Leadership: A Leadership and Motivation Model for The Twenty-First Century Business. The Tqm Magazine, 11(3), 162-171.

Ganesan, S. (1994). Determinants of long-term orientation in buyer-seller relationships, Journal of Marketing, 58(2), 1-19.

Goodhue, D. L., Wixom, R.L. and Watson, H.J. (2002). Realizing Business Benefits through CRM: Hitting the right target in the right way, MIS Quarterly Executive, 1(2), 79-94.

Grönroos, C. (2000). Creating a relationship dialogue: communication, interaction and value, The Marketing Review, 1(1), 5-14.

Grönroos, C. (2000). Service Management and Marketing: A Customer Relationship Management Approach John Wiley&Sons Ltd, UK.

Gundlach, G., Achrol, R. and Mentzer, J. (1995) The Structure of Commitment in Exchange. Journal of Marketing, 59, 78-92.

Hendricks, K.B., Singhal, V.R. and Stratman, J. (2007). The impact of enterprise systems on corporate performance: a study of ERP, SCM, and CRM system implementations, Journal of Operations Management, 25(1), 65-82.

Hennig-Thurau, T., and Klee, A. (1997). The impact of customer satisfaction and relationship quality on customer retention: A critical reassessment and model development, Psychology & Marketing, 14(8), 737-764.

Holland, C.P. and Naude, P. (2004). The Metamorphosis of Marketing into an Information-Handling Problem, The Journal of Business and Industrial Marketing, 19(3), 167-180.

Jap, S.D., Manolis, C., and Weitz, B.A.(1999). Relationship quality and buyer–seller interactions in channels of distribution, Journal of Business Research, 46(3), 303-313.

Khalifa, M., and N. Shen (2005). Effects of Electronic Customer Relationship Management on Customer Satisfaction: A Temporal Model, Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS'05: 171-182, Hawaii.

Kim, J., Suh, E. and Hwang, H. (2003). A model for evaluating the effectiveness of CRM using the Balanced Scorecard, Journal of Interactive Marketing, 17(2), 5-19.

King, C. A., and Garey, J. G. (1997). Relational quality in service encounters, International Journal of Hospitality Management, 16(1), 39-63.

Kotler, P. (2003). Marketing Insights From A to Z, John Wiley and Sons Inc., USA.

Kotler, P. and Armstrong G. (2005). Principles of Marketing. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice-Hall, 11th edition.

Kumar, N., Scheer, L. K., and Steenkamp, J. B. E. (1995). The effects of supplier fairness on vulnerable resellers, Journal of Marketing Research, 32(1), 54-65.

Kumpulainen, J. (2014). Private banking service for foreign citizens and foreigners in Finland; opportunities, risks and instructions for handling the customer relationship, The Thesis of Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta, Masters of Business Administration, International Business.

Kuttainen, C., E.Y. Iliachenko, and E. Salehi-Sangari. (2005). Pre-adoption Customer Satisfaction with Tourism Websites: Conjoint Analysis of Electronic Customer Relationship Management Features, The AM2005 Academy of Marketing Conference, The School of Marketing, Dublin Institute of Technology: 273-288, Dublin.

Lages, C., Lages, C. R., and Lages, L. F. (2005). The Relqual scale: a measure of relationship quality in export market ventures, Journal of business Research, 58(8), 1040-1048.

Lawson-Body, A., and Limayem, M. (2004). The impact of customer relationship management on customer loyalty: The moderating role of web site characteristics, Journal of Computer-Mediated Communication, 9(4), 00-00.

Levitt, T. (1986). Marketing Imagination: New. Simon and Schuster.

Luck, D. and G.Lancaster.(2003). e-CRM: Customer Relationship Marketing in the Hotel Industry, Managerial Auditing Journal, 18(3), 213-231.

Madeja, N., and D. Schoder. (2003). Impact of Electronic Commerce Customer Relationship Management on Corporate Success-Results from an Empirical Investigation, 36th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-36 2003)-Abstracts Proceedings, IEEE Computer Society: 181-191, Big Island, HI.

Maged, A. and A. Sarmad (2004). Developing A Structural Approach for Electronic Customer Relationship Management (e-CRM), European & Mediterranean Conference on Information Systems, EMCIS-Brunel University, Tunis.

Mandina, S.P. (2014). Contribution of CRM Strategies in Enhancing Customer Loyalty, Journal of Marketing Development and Competitiveness, 8(2), 69-87.

Mang'unyi, E.E., Khabala O.T. and K.K. Govender. (2018). Bank Customer Loyalty and satisfaction: the Influence of Virtual E-CRM, African Journal of Economic and Management Studies, 9 (2), 250, 265.

Morgan, R.M. and Hunt, S.D. (1994). The Commitment-Trust Theory of Relationship Marketing, Journal of Marketing, 58(3), 20-38.

Nicoline, A.A. and Kaplan, B. (2020). Managing the Relationship Between E-CRM, Online Customer Satisfaction and Loyalty in Digital B2C Markets: The case of Turkish Fashion Companies, Academic Review of Humanities and Social Sciences, 3 (2), 403-418.

Oly Ndubisi, N., Kok Wah, C., and Ndubisi, G. C. (2007). Supplier-customer relationship management and customer loyalty: The banking industry perspective, Journal of Enterprise Information Management, 20(2), 222-236.

Oly, N.N. (2007). Relationship quality antecedents: the Malaysian retail banking perspective, International Journal of Quality & Reliability Management, 24(8), 829-845.

Osarenkhoe, A. and Bennani, A., E. (2007). An Exploratory Study of Implementation of Customer Relationship Management Strategy, Business Process Management Journal, 13(1), 139-164.

Palmer, A. and Bejou, D. (1994). Buyer-Seller Relationships: A Conceptual Model and Empirical Investigation, Journal of Marketing Management, 10(6), 495-512.

Pan, S.L., and J.N. Lee (2003). Using e-CRM for a Unified View of the Customer, Communications of the ACM, 46(4), 95-99.

Parvatiyar, A. and Sheth, J.N. (2001). Customer relationship management: emerging practice, process, and discipline, Journal of Economic & Social Research, 3(2), 1-34.

Payne, A. and Frow, P.(2005). A Strategic Framework For Customer Relationship Management, Journal of Marketing, 69(4), 167-176.

Peppers, D. and Rogers, M. (1999). Enterprise One To One, 1st edition Crown Business: New York.

Peppers, D. and Rogers, M.(2008). Yetersiz Kaynaklarla Maksimum Değeri Nasıl Yaratırsınız? Kazandıran Müşteri, İşinizi Ölçmek ve Güçlendirmek İçin Yenilikçi Bir Yöntem. Çev. M. Günyüzlü, İstanbul: Rota Yayınları.

Peppers, D., and Rogers, M.(2004). Managing customer relationships: a strategic framework, New Jersey, John Wiley&Sons Inc.

Peppers, D., Rogers, M. and Dorf, B.(1999). Is Your Company Ready For One-to-One Marketing?, Harvard Business Review, 77(1), January-February.

Pine, B.J., Peppers, D. and Rogers, M.(1995). Do You Want to Keep Your Customers Forever?, Harvard Business Review, 73, 103-114.

Prabhaker, P.R. (2000). Who owns the online consumer?, Journal of Consumer Marketing, 17(2), 158-171.

Rababah, K., Haslina M., and Huda I.(2011). Customer Relationship Management (CRM) Processes from Theory to Practice: The Pre-implementation Plan of CRM System, International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning, 1(1), 22-27.

Rajola, F.(2003).Customer Relationship Management: Organizational and Technological Perspectives, Springer: New York.

Reinartz, W., Krafft, M. and Hoyer, W.D.(2004). The Customer Relationship Management Process: Its Measurement and Impact on Performance, Journal of Marketing Research, 41(3), 293-305.

Roberts, K., Varki, S., and Brodie, R. (2003). Measuring the quality of relationships in consumer services: an empirical study, European Journal of Marketing, 37(1/2), 169-196.

Ross, D.F. (2005). E-CRM From a Supply Chain Management Perspective, Journal of Information Systems Management, 1(22), 37-44.

Ruekert, R. W., and Churchill Jr, G. A. (1984). Reliability and validity of alternative measures of channel member satisfaction, Journal of Marketing Research, 226-233.

Ryals, L. and Knox, S. (2001). Cross-functional issues in the implementation of relationship marketing through customer relationship management, European Management Journal, 19(5), 534-542.

Selnes, F. (1998). Antecedents and consequences of trust and satisfaction in buyer-seller relationshi, European journal of Marketing. 32(3/4), 305-322.

Sivaraks P., Krairit, D., and Tang, J.C.S.(2011). Effects of e-CRM on customer-bank relationship quality and outcomes: The case of Thailand, Journal of High Technology Management Research, 22(2), 141-157.

Srivastava S. K., Chandra B. and Shandilya G.(January ,2018). Customer Relationship Management (Crm) On Customer Loyalty And Retention In Hotel Industry Of Jharkhand, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), Volume 9, Issue 1, pp. 784–796.

Srivastava, J.(2002). A Case for Analytical Customer Relationship Management, Computer Science&Engineering, University of Minnesota, Minneapolis, USA, pp. 14-27.

Sterne, J.(1996). Customer Service on the Internet: Building Relationships, Increasing Loyalty, and Staying Competitive, John Wiley and Sons, New York, NY.

Stratten, S. (2012). Unmarketing-Pazarlamayı Bırakın Bağ Kurmaya Başlayın, Çev. Ç. Kök., 2. Baskı, İstanbul: MediaCat.

Takala, T. and Uusitalo, O. (1996). An Alternative View of Relationship Marketing: A Frame Work For Ethical Analysis, European Journal of Marketing, 30(2), 45-60.

Taylor, S.A., and G.L. Hunter (2002). The Impact of Loyalty with e-CRM Software and e-Services, International Journal of Service Industry Management, 5(13), 452-474.

Walter, A., Müller, T. A., Helfert, G., and Ritter, T. (2003). Functions of industrial supplier relationships and their impact on relationship quality, Industrial Marketing Management, 32(2), 159-169.

Webster Jr, F. E. (1992). The changing role of marketing in the Corporation, Journal of Marketing, 56(4), 1-17.

Yoon, D., S.M. Choi, and D. Sohn. (2008). Building Customer Relationships in an Electronic Age: The Role of Interactivity of e-Commerce Websites, Psychology & Marketing, 7(25), 602-618.

Somaklonal Varyasyon ve Patates Islahında Kullanımı

Nüket ALTINDAL[1]

GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ve sanayileşme sonucu, sınırlı miktarda kalan gıdayı karşılamak amacıyla bitki ıslahında embriyo kültürü, meristem kültürü, anter (polen) kültürü, hücre kültürü, somaklonal varyasyon, protoplast füzyonu, kallus kültürünü kapsayan doku kültürüne ilave tür içi ve türler arası melezleme, yapay döllenme, gen aktarımı ve klonlamaya yönelik modern ıslah yöntemi uygulanmaktadır. Bitki üretimi, korunması ve iyileştirilmesinde yaygın olarak kullanılan bitki doku kültürü araştırmalarının temel araçlarından biri olan somaklonal varyasyon kontrollü steril koşullar altında bitki besin maddelerini içeren *in vitro* kültür ortamında bitki hücre, doku ve organlarının büyümesi ve gelişmesi sağlanarak rejenere edilmiş yeni özelliklere sahip DNA'daki genetik veya epigenetik değişikliklerdir. Larkin ve Scowcroft (1981) bitki hücre kültürünün genetik değişkenlik (somaklonal varyasyon) ürettiğini bildirmiş ve vejetatif üreme sonucu elde edilen klonlar ve rejenere bitkilerde (somaklonlar) bu tür varyasyonları keşfetmiş ve "somaklonal varyasyon" olarak adlandırmıştır.

İn vitro kültür ortamında, bitki genotip yapısı, farklı plodi seviyesi, farklılaşmış yada farklılaşmamış doku, yüksek konsantrasyonda bitki büyüme düzenleyicileri (oksin ve sitokinin), yüzey sterilizasyonu sırasında bitki dokularının kimyasallara maruz kalması, yaralanma, yapraklarda fotosentezin yerini alan besin ortamından gelen şeker (Altındal & Karadoğan 2010), aydınlatma koşulları, yüksek nem ve terleme arasındaki bozuk ilişki gibi çeşitli stres faktörlerine bağlı olarak doku kültürü sırasında oluşan kromozom sayılarındaki (poliploidi ve anöploidi), kromozom yapısındaki (translokasyon, delesyon, ekleme ve kopyalama) ve DNA dizisindeki değişiklikler (baz mutasyonları) ve gen metilasyon vs kalıcı mutasyon ve genetik karakterlere sahip olmayan epigenetik varyasyondan kaynaklanan somaklonal varyasyon meydana gelir. Doku kültürü ortamına Azid, Dietil sülfat, Dimetil sülfat, Etilmetan sülfonat (EMS) ve N-nitrozo bileşikleri vs transpozon eklenerek mutajenez yoluyla somaklonal varyasyon oluşturulur ve gen mutasyonuna, DNA metilasyonunda değişimlere ve kromozom kırılmalarına neden olunarak mutant rejenere somaklonlar elde edilir. (Deepthi, 2018).

Somaklonal varyasyon metodunda yumru, bitki, sürgün vs farklı meristem dokularından kallus, hücre ve ve protoplast kültürlerinden rejenere olmuş varyant bitki elde edilir. Doku kültürü ile indüklenen somaklonal varyasyonlarla bitkilerde, bir tür içindeki farklı kalıtsal özelliklere sahip ve stres, hastalıklar ve olumsuz çevre koşullarına daha iyi uyumlu ve farklı düzeylerde morfolojik, sitolojik, sitokimyasal, biyokimyasal ve moleküler değişiklik elde edilerek (Dalamu & ark., 2021), ıslah programın temel bileşeni olan genetik çeşitlilik artışı mümkün olmaktadır. Somaklonal varyasyonla bitki hastalık ve zararlılara, abiyotik ve biyotik strese dayanıklı çeşitler elde edilebilmektedir. Somaklonal değişiklik, *in vitro* kültür ile elde edilen virüs/hastalık içermeyen somaklonal varyantların üretimi, ender görülen istenilen genotiplerinin hızlı çoğalması, bitki genom transformasyonu ve bitki kaynaklı metabolitlerin üretiminde kullanılır.

[1] Uşak Üniversitesi, Sivaslı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Programı, Uşak, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9567-1653

Somaklonal varyasyonu etkileyen faktörler;

1. Sürgün, kök, yaprak, gövde vs eksplant ve donör bitki
2. Uzun süre *in vitro* kültürde yetiştirilmesi ve alt kültür sayısı
3. Besi ortamına ilave edilen Benzil Amino Purin (BAP), Giberilikasit (GA_3), Kinetin, Sitokinin vs bitki büyüme düzenleyiciler
4. Genotiplerin *in vitro* üretime tepkileri farklılık göstermesinden dolayı genotip uygunluk
5. *İn vitro* ortamda strese duyarlı genomların daha fazla mutasyona uğraması
6. Poliploid donör türlerde rejenere oranı ve kromozom sayısı fazla olduğundan dolayı ploidi seviyesi
7. Genetik stabilite
8. **Transposable elementler** gen mutasyonlarına, DNA dizisinde değişikliğe, kromozom kırılmalarına neden olup, somaklonal varyasyon oluşumuna sebep olur.

Somaklonal varyasyonun belirlenmesi / tanımlanmasında morfolojik ve moleküler belirteç yöntemi kullanılır. Bitki boyu, dallanma, çiçek rengi gibi türe özgü özellikler çevre koşullarına göre değişebilen morfolojik göstergeler olup sera veya fidanlıkta görsel tarama yapılarak seçime yardımcı olabilir. Moleküler belirteç olarak belirli karakterleri temsil eden biyokimyasal/İzoenzim ve RFLP, AFLP, RAPD, ISSR vb. DNA bazlı markırlar kullanılır. Bu belirteçler güvenilir, kararlı ve çevresel koşullar nedeniyle değişiklik göstermez.

Tüm biyoteknolojik yöntemlerde olduğu gibi, somaklonal varyasyonun da avantajları (Evans, 1989; Leva, Petruccelli, & Rinaldi, 2012; Bhatia & ark., 2015; Wei & ark., 2016; Krishna, 2016; Prasad & ark., 2017; Krishnaraj, 2021; Tiwari & ark., 2021; Subramaniam **& ark., 2022;** Gupta & ark., 2022 **)** ve dezavantajları (Evans,1989; Deepthi, 2018; Alwahibi & ark., 2022; Pawelkowicz & ark., 2022; Wang & ark., 2022) vardır.

Somaklonal Varyasyonun Avantajları

1. Bitkinin genomuna belirli bir DNA dizisi ekleyerek, DNA veya diğer nükleik asit moleküllerinin modifiye etmek ve istenen karakterdeki genlerin bir bitkiden alınıp başka bir bitkiye hibridizasyon tekniği ile aktarılma metodu, gen ekspresyonundaki değişiklikleri indükleme süreci ve yeni genlerin ekspresyonu gibi genetik manipülasyon yöntemlerine göre somaklonal varyasyonun maliyeti düşüktür.

2. Doğada kendiliğinden oluşması mümkün olmayan, farklı bitki türlerinden elde edilen DNA moleküllerinin, genetik mühendislik teknolojisiyle kesilmesi ve elde edilen farklı DNA parçalarının birleştirilmesi yöntemi olan rekombinant DNA teknolojisine göre basit ve kolaydır.

3. Farklı bitki çeşitlerinden ve/veya türlerinden elde edilen ve hücre duvarı olmayan iki farklı bitki hücrelerinden, somatik hibritleri üretmek için uygun bir besin ortamı üzerinde kaynaştırılma tekniği olan somatik hibridizasyona ek olarak DNA'nın moleküler ve hücresel biyoloji yöntemleri kullanılarak *bitki* hücre, doku veya organlarına transfer edilen b*itki* genetik *transformasyondan elde edilen somaklonal varyantların sayısı doku kültürü metotlarına göre azdır.*

4. Geleneksel yöntemlerle mümkün olmayan stabil ve frekansı yüksek yeni varyantlar ortaya çıkabilir. Somaklonal varyantlar çok sayıda genetik değişkenlik sağlamaktadır.

5. Bitki kök, gövde, yaprak, meyve, çiçek, yumru ve tomurcuk gibi yapılara sahip ve vejetatif, eşeyli ve eşeysiz çoğaltılmış bitkilerin tüm hücrelerine uygulanabilir.

6. Somaklonal varyasyonla elde edilen varyantlardan alınan sürgün uçları, meristemler, kültüre alınmış hücreler, somatik embriyolar, protoplastlar, embriyo, endosperm, polen, anter, ovul, tohum gibi bitki organ ve organelleri sıvı azot içerisinde çok düşük derecelerdeki sıcaklıkta (-160 ^{0}C) uzun süre muhafaza edilebilir (Kriyoprezervasyon tekniği).

7. Somaklonal varyasyon yöntemi, bitki tarafından üretilen büyüme, fotosentez, ürün dönüşümü veya diğer primer fonksiyonlarındaki rolleri henüz keşfedilmemiş (terpen, fenolik ve alkaloit organik bileşik) sekonder metabolitlerin sentezini artırabilir.

8. Çok sayıda somaklonal varyantların izolasyonu mümkün olabilir.

9. Somaklonal varyasyon, bir kromozomun bir parçasının kopup başka bir kromozoma bağlandığı genetik değişim olan kromozomal *translokasyon* için önemli bir kaynağı oluşturmaktadır. Bu bağlamda bitki hastalık, abiyotik stres, herbisit direnci ve gelişmiş tohum kalitesine sahip yüksek frekansta yeni varyant elde edilir.

10. Somaklonların hücre kültürü yoluyla birden fazla genotipe (genetik yapı) sahip hücreler bulunduran kimera bitki elde etme olasılığı düşüktür.

11. Somaklonal varyasyon genetik çeşitliliği sınırlandıran, ana bitki ile genetik olarak aynı apomiktik bitkiler ve genetik rekombinasyon olmadan vejetatif çoğalan bitkiler gibi dar genetik özelliklere sahip bitkilerde başarılı şekilde uygulanmaktadır.

12. Diploid yabani bitki melezlemesi ile genetik çeşitlilik elde etmek zor olduğundan somaklonal varyasyondan yararlanılır.

13. Meristem ucu kültüründe kullanılan sürgün meristemleri virüs içermediğinden virüs/hastalıktan ari somaklonal varyant bitkiler elde edilir.

14. Somaklonal varyasyonun *in vitro* kültür koşullarında elde etme sürecinde tarla ve sera koşullarında ortaya çıkan zorluklarla karşılaşılmaz ve somaklonal varyantların yetiştirilmesi ve seleksiyonu kolaydır.

Somaklonal Varyasyonun Dezavantajları

1. Somaklonal varyasyon sonucu rastgele, genetik stabilitesi düşük, tekrarlanamayan, bazen genetik kararsızlık ve kalıtsal değişikliğe sahip mutantlar elde edilir. Bununla birlikte somaklonal varyasyonun mikro çoğaltılmış bitkilerde ortaya çıkması, doku kültürü endüstrisindeki uygulamalarını sınırlayarak istenmeyen bitki dışı türlere neden olur. Somaklonal varyantlar verim, kalite vs. karmaşık tarımsal özellikler için uygun olmayan genetik tekdüzeliğin korunmasını gerektiren işlemler ortaya çıkarabilir.

2. Somaklonal varyasyonun moleküler mekanizması anlaşılamamıştır. Bununla birlikte bitkilere zararlı özellikler katmakta ayrıca i*n vitro* rejenerasyonun sonuçlarını tahmin etmek hala mümkün değildir. Elde edilen mutasyonlar rastgeledir, birçok durumda tekrarlanabilirliği yoktur. Bunun yanı sıra nokta mutasyonlarına veya kromozomlarda yeniden düzenlemelere dayalı çok sayıda genetik değişiklik meydana gelir.

3. Somaklonal varyantlar kendileme veya melezleme sonucu sabit olmayan genetik değişikliğe sahip çeşitler ortaya çıkarır.

4. Somaklonal varyansyon sonucu döllenme oranı ve büyüme hızı düşük istenmeyen özelliklere sahip yeni çeşitler elde edilir.

5. Biyotik ve abiyotik streslere dirençli, verim, tat ve raf ömrü gibi özellikler için somaklonal seçimi araştırılmasına rağmen elde edilen değişiklikler; negatif varyasyon, olumlu değişikliklerin olumsuz olarak değiştirilmesi ve genetik stabiliteye sahip olmamasından dolayı *in vitro*'da seçim yöntemi mevcut değildir. Ayrıca bitki ıslahı çalışmalarında, somaklonal varyantların genetik stabilitesini doğrulamak için birçok tekrarlamalı (recurrent) seçim gereklidir.

6. Somaklonal varyasyondan elde edilen bitkilerde genellikle rejenerasyon gücü düşüktür. Diğer yandan, rejenere bitkilerde somaklonal varyasyonların yüksek oranda sıklığı *in vitro* kültür ile üretilenlerin genetik özellikleri, genetik saflığı ve kalitesi üzerinde de olumsuz etkilere sahip olabilir.

7. *in vitro*'da yetiştirilen bitkilerde ploidi seviyesinin artmasıyla istenmeyen özelliklerin sayısında artışlar gözlenmektedir. Bu nedenle, *in vitro*'da bitkilerin tekrar alt kültüre alınma sayısı 5-7 ile sınırlandırılır.

Patateste Somaklonal Varyasyon Araştırmaları

*İn vitro'*da besin ortamına eklenen mutagenler, bitkide oksin seviyesinde azalma (Dyulgerova & Dyulgerov, 2022), oksin sentezinin engellenmesi, (Devi & ark., 2021), kromozom anormallikleri (Khah & ark., 2022), indüklenmiş klorofil mutasyonu (Kalpande & ark., 2021), klorofil, karotenoid ve protein seviyeleri artışı (Goyal & ark., 2021), bitki mitokondriyal genomu düzenlemesi (Forner & ark., 2022), tohum çimlenmesi (Palshetkar & ark., 2022), bitkicik büyümesi, ATP ve DNA sentezi, enzim aktivitesini (Alam & ark., 2022) etkileyerek somaklonal varyasyona sebep olmaktadır.

Hoque & Morşad 2014, patates çeşitlerine (Cardinal, Diamant ve Asterix) üç farklı konsantrasyonda (1.0, 2.0 ve 4.0 mg/L) Etil metan sülfonat (EMS), Metil metan sülfonat (MMS), 5-Bromo Urasil (BU) ve 2,4-D mutajenleri uygulayarak somaklonal varyasyon elde etmeyi amaçladığı çalışmada, 2,4-D muamelesinden varyant kallus elde edildiği ve yüksek konsantrasyonda (4.0 mg/L) EMS, MMS ve BU uygulanan esplantlardan gelişen bitkiciklerde *in vitro'da* ince gövde, zarar görmüş sürgün gelişimi ve az sayıda yaprak *anormallikleri gözlemlemiştir. Araştırıcılar, besi ortamındaki toksik etkiden dolayı bazı bitkiciklerin öldüğünü, mutajen uygulanan varyantların araziye alıştırılmaya çalışıldığı ancak bitkilerden %37.16'sının hayatta kaldığını,* SVP-53 varyantın yüksek verimli olduğunu belirtmiştir.

Altındal 2014, Agria, Marfona ve Lady Olimpia patates çeşitlerine *in vitro* şartlarında farklı doz ve sürelerde etil metansülfonat (EMS) uyguladığı çalışmada elde ettiği somaklonal varyasyonu belirlemek için ISSR DNA moleküler işaretleyici tekniği kullanmıştır. Çalışmada *in vitro* da incelenen morfolojik gözlemler ele alındığında bitkicik boyu 3.01-5.02 cm, boğum sayısı 6.56-12.17 adet, sap sayısı 1.00-1.44 adet, yan dal sayısı 0.78-1.56 adet, yaprakçık sayısı 6.00-14.06 adet ve kök sayısı 0.50-2.33 adet arasında değiştiğini saptamıştır. Araştırıcı *in vitro* koşullarda sürgün ucuna EMS uygulamasında bitkicik boyu, boğum sayısı, yaprakçık sayısı, kök sayısı ve yan dal sayısı bakımından en iyi tepkiyi Lady Olimpia çeşidinde belirlemiştir. Araştırmada yumru gözlerine artan dozlarda EMS uygulaması genellikle bitki gelişiminde gerilemeye neden olduğu ortaya çıkmış, ISSR-PCR analizinde 24 adet primer kullanılmış bunlardan sadece sürgün uçlarına EMS uygulamalarında 11 adet primer polimorfizm göstermiş ve EMS uygulanan çeşitlere göre polimorfizm oranları değişmiş, en yüksek polimorfizm Agria çeşidinde saptanmış sonuç olarak, farklı doz ve sürelerde farklı eksplantlara EMS uygulamasının incelenen karakterleri etkilediği bildirilmiştir.

Bitki ıslahı yöntemleriyle hastalık ve zararlılara, herbisit, tuzluluk, soğuya, ağır metaller gibi streslere dayanıklı ve istenilen özelliklere sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesinde populasyon genetik çeşitliliği büyük öneme sahiptir. Ancak yıllardan beri yapılan seleksiyon ıslahı sonucu özellikle kendine tozlaşan bitkilerde azalan genetik çeşitliği artırmak amacıyla yabani bitkilerin melezlemesi yanında mutasyon ve somakonal varyasyon yöntemi de uygulanmaktadır. Besinleri köklerinde depolayarak toprak altındaki gövdeleriyle yedek besin maddelerini içeren patates, tatlı patates, soğan, havuç, şekerpancarı, pancar ve turp gibi yumrulu bitkilerden yüksek verim, kaliteli, virüs ve patojenlere dayanıklı çeşit elde etmek amacıyla istenilen geni taşıyan diploid yabani akrabalar arasında melezlemelerden başarı elde etmek zordur. Bunun yanı sıra uzun süreli stolon oluşumu, düzensiz yumru şekli, iyi olmayan tat gibi yabani özellikler aktarılan hibrit çeşitlerinin seçimi ve çoğaltılması uzun zaman almaktadır. Bu nedenle son yıllarda genetik çeşitlilik oluşturmada somaklonal varyasyondan yararlanılır (Bradshaw, 2022). Özellikle patates ıslahında dayanıklı gen için yabani türler sıklıkla kullanılmaktadır. Ghislain & ark., 2019 geç yanıklığa dayanıklı patates için somaklonal varyant elde etmek amacıyla yaptığı çalışmada patates bitkisine yabani akrabalarından üç direnç (*R*) geni aktararak geç yanıklığa (mildöyü) dirençli transgenik 'Desiree' ve 'Victoria' ticari çeşitleri elde etmiştir. Araştırmada *in vitro*'da elde edilen dayanıklı çeşitler üç tekrarlı tesadüf blokları

deneme desenine göre tarlada yetiştirilmiş, *Phytophthora infestans* tarafından doğal enfeksiyona maruz bırakılmış ve tüm transgenik bitkiler geç yanıklığa (mildöyü) dayanıklılık göstermiştir.

Johansen & ark., 2019 Tetraploid patateste allelik gen düzenlemesi üzerine yaptığı çalışmada Desirée ve Wotan'ın *in vitro*'da büyütülmüş bitkiciklerden rejenere olan somaklonal varyantlar saksılarda hızlı büyüme göstermiştir. Araştırıcı hücre kültürü, bitki rejenerasyon oranı ve karmaşık genoma sahip bitkilerin belirlenmesinin Amplikon Analiziyle mümkün olduğunu ve genetik ve kalıtsal olmayan somaklonal/penotipik varyasyonun incelenmesi için eksplant hatlarına ve bundan çoğaltılan bireylere ihtiyaç olduğunu bildirmiştir.

Annon & Abdulrasool 2020, patateste tuzluluk stresine karşı toleransı belirlediği çalışmada Arizona ve Rivera patates sürgünlerine gama ışını (0, 10, 20 ve 30 Gray) uygulamış ve ardından EMS (0, 10, 20 ve 30 mM) solusyonuna daldırmıştır. Mutajen uygulamalarından sonra 449 adet bitkicik seçilmiş ve NaCl içeren MS ortamında büyütülerek tuza dayanıklılık belirlenmiştir. Çalışmada seçilen genotiplerden sadece 38 adedin tuza toleranslı olduğu ve basit diziler arası tekrarlar (ISSR) yöntemi ile çeşitler arasında genetik mesafenin uzak olduğu belirtilmiştir.

İn vitro koşullarında bitki büyüme düzenleyicileri (NAA (1.0 mg/l) ve BAP (0.5 mg/l)) ve sodyum klorür (1000, 2000, 3000 and 4000 ppm) içeren MS ortamında, somaklonal varyasyon yoluyla genetik değişkenlikleri indüklemek amacıyla üç farklı patates genotipinden (Cara, Sponta ve Diamant) elde edilen bitkiciklerin tuz ve kuraklığa toleransı incelenmiştir. En fazla sürgün sayısı 5.85 ile Cara, en az ise 3.68 ile "Daimont" genotipinde elde edilmiştir. 1000 ppm NCL uygulamasında en fazla sürgün uzunluğu 7.53 ile "Sponta" genotipinde tespit edilmiştir. İncelenen üç patates genotipinin hepsi sürgün uzunluğu bakımından oksin ve sitokinin hormonlarının kombinasyonundan etkilenmiştir. Çalışmada somaklonal varyasyon yoluyla rejenere edilen bitkilerde genetik değişikliklerin meydana geldiği ve ISSR moleküler analiziden patateste somaklonal varyasyonun göstergesi olan polimorfik bantların saptandığı bu nedenle genetik çalışmalarda etkili olduğunu ileri sürülmüştür (Mohamed & ark., 2021).

Patatesin yabani türleri, dayanıklı genlerin kaynağı oldukları için somatik hibridizasyonla elde edilen varyantların gen değişikliğini artmak amacıyla somaklonal varyasyon oluşturarak in vitro da çoğaltılmaktadır. Yapılan bir çalışmada somatik hibridizasyon için *tuberosum* (*Stub*) ve *S. bulbocastanum* (*Sblb*) PI24351 geç yanıklığa dayanıklı olan patates genotipleri seçilmiştir. Elde edilen somatik melez bitkileri DNA analizleri kullanılarak tetraploid (2n=4x=48) olarak tanımlanmış ve somatik melezlerin geç yanıklığa dayanıklı, polen canlılığı düşük, kısır, yumru sayısı, yaprakta glikoalkaloid içeriği gibi somaklonal varyasyon ncSSR markırla belirlenmiştir. Genetik değişiklik başlangıcı kallustan sürgün oluşumuna ve ilk üç aya kadar ilişkilendirilmiştir. Meristem dokulardan bitkilerin uzun süreli devamı boyunca (yaklaşık 100 defa alt kültüre alınarak) somatik melezlerin genotiplerinin yapısı değişmediği ve somaklonal varyasyonun metabolik araştırmalar için uygun olduğunu bildirilmiştir (Sedlák & ark., 2022).

Khatab & El-Mouhamady 2022, kallus kültürüyle BaCara, Diamont, King-Edward, Nicola ve Hermes patates çeşitlerinde kallus elde ederek bitki rejenerasyonunu gerçekleştirdiği çalışmada *F. oxysporum*'a dayanıklı Diamont patates çeşidini seçerek *in vitro*'da kallus oluşumu ve bitkiciklerin rejenerasyonu için kullanmıştır. Doku kültüründe artan *F. oxysporum* ortamında bitkicik büyüme hızı azalmış ancak rejere olmuş kallus ve somaklon sayısının fazla olduğu, somaklonal varyasyon tespit etmek için RAPD ve SRAP moleküler belirteç kullanarak sırasıyla 48 ve 50 polimorfik bant üretildiği dolayısıyla rejene bitki ve somaklonlara arasındaki genetik çeşitliliği ve *in vitro* seçim ile patojenlere karşı meydana gelen varyasyonları belirlemede kullanılabilir olduğunu belirtmiştir. Ayrıca *F. oxysporium* kaynaklı *Fusarium* solgunluğuna karşı somaklonların tolerans derecelerini artırmak için somaklonal varyantların bitkiciklerin *in vitro* seçimi için etkili yöntem olduğunu bildirmiştir.

Patatesin (*Solanum tuberosum* L.) yaprak, boğum ve boğum arası eksplantlardan iyi gelişen kalluslar farklı fiziksel (gama ışınları) ve kimyasal (EMS ve NaN_2) mutajenlere maruz bırakılmış, ve daha

sonra *Alternaria solani'*nin kısmen saflaştırılmış toksinine karşı taranmıştır. Kallustan rejenere edilen, toksine karşı duyarsız olan bitkilerin dayanıklı oldukları varsayılarak, tarla koşullarında *Alternaria solani'*nin iki farklı izolatına karşı taranmıştır. Tarla denemelerinden sonra, 63 *in vitro*'da taranan gama ışınlama hattından 4'ü; Sodyum azid ile muamele edilmiş kültürlerin 52 *in vitro'*da taranmış hattından 4'ü ve EMS ile muamele edilmiş kültürlerin taranan 59 hattından 5'i hastalık derecelendirme ölçeklerine göre seçilmiş ve varyasyon, çeşitli biyokimyasal ve moleküler belirteçler kullanılarak doğrulanmıştır. Mevcut çalışma sırasında yüksek polimorfizm, mutasyona bağlı 14 genin genetik çeşitliliğini daha iyi ortaya koymuştur (Naveed & ark., 2022).

Sonuç

Bitki bilimi araştırmalarının önemli araçlarından biri olan somaklonal varyasyon bitki kaynaklarının üretimi, korunması, artırılması ve geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Genetik varyasyonu belirlemek/saptamak için morfo-fizyolojik, biyokimyasal, sitolojik ve DNA bazlı moleküler markırları içeren hızlı ve güvenilir moleküler teknikler tercih edilmektedir.

Bitki doku kültüründe gen mutasyonu veya epigenetik gibi genetik değişikliklerin bir sonucu olarak tüm varyasyonları içeren kalıtsal değişiklikler üretilebilir. Bununla birlikte somaklonal varyasyon ile daha iyi agronomik özelliklere sahip yeni arzu edilen klon/varyantlar elde edilebilir. Somaklonal varyasyon amacına uygun bir şekilde oluşabildiği gibi, rastgele oluşan mutasyondan dolayı istenmeyen özellikler de ortaya çıkabilir. *İn vitro* kaynaklı varyasyonlarda donör bitkilerden farklı genomik yapıda rejenere bitkilerde meydana geldiğinden donör bitki için büyük bir tehdit oluştursa da, bitki ıslahında kendine tozlanan ve vejetatif çoğalan bitkilerde genetik tabanı artırmak için somaklonal varyasyondan yararlanılabilir. Bu nedenle somaklonal varyasyonun hem olumsuz hem de olumlu yönleri dikkate alınarak somaklonal varyasyon çalışmaları ile birlikte gen ve protein çalışmaları vs ileri biyoteknolojik yöntemler kullanıp çok kapsamlı ve disiplinler arası bilim dalları ile araştırma yapılmalıdır.

Kaynaklar

Alam, Q., Khah, M.A., Azaz, Z. R., & Azad, A. (2022). Comparative Analysis of Different Chemical Mutagens in Inducing Chromosomal Aberrations in Meiotic Cells of *Triticum aestivum* L. Cytologia, 87(2): 99–105

Altındal, D., & Karadoğan, T. (2010). The Effect of Carbon Sources on *In vitro* Microtuberization of Potato (Solanum Tuberosum L.). *Turkish Journal of Field Crops.* 15 (1), 7-11

Altındal, N. (2014). Kimyasal mutagen (Etil Metansülfonat) Uygulamasıyla Patateste (*Solanum tuberosum* L.) Varyasyonun Oluşturulması ve Moleküler Markırlarla Tanımlanması. Süleyman Demirel Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 159 sayfa.

Alwahibi, M.S., Alawaadh, A.A., Dewir, Y.H., Soliman, D.A., & Seliem, M.K. (2022). Assessment of Genetic Fidelity of Lacy Tree Philodendron (Philodendron bipinnatifidum Schott ex Endl.) Micro Propagated Plants. Revis Bionatura, 7(1). 10. http://dx.doi.org/10.21931/RB/2022.07.01.10

Annon, A. H., & Abdulrasool, I. J. (2020). Effect of Gamma Radiation And Ethyl Methanesulfonate (EMS) on Potato Salt Stress Tolerance In vitro. Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 51(4):982-990.

Bhatia, S., Sharma, K., Dahiya, R., & Bera, T. (2015). Modern Applications of Plant Biotechnology in Pharmaceutical Sciences. Academic Press, 452 pp.

Bradshaw, J.E. (2022). A Brief History of the Impact of Potato Genetics on the Breeding of Tetraploid Potato Cultivars for Tuber Propagation. Potato Res. 65, 461–501. https://doi.org/10.1007/s11540-021-09517-w

Dalamu, J., Tiwari, K., Buckseth, T., & A.K., Sharma. (2021). Role of Tissue Culture in Crop Improvement. Vigyan Varta, 2(4): 33-37.

Deepthi, V.P. (2018). Somaclonal Variation in Micro Propagated Bananas. Adv Plants Agric Res. 2018;8(6):624–627. DOI: 10.15406/apar.2018.08.00395

Devi, M. S., Reddy, D. M., Reddy, V.L.N., Reddy, D. L., Sudhakar, P., & Sofia, S. (2021). Effect of Mutagenesis on Growth and Yield Related Traits in Blackgram (*vigna mungo* (l.) hepper) J. Res. ANGRAU 49 (4) 14-29

Dyulgerova, B, & Dyulgerov, N. (2022). Mutagenic Effect of Sodium Azide on Winter Barley Cultivars. Agricultural Science & Technology (1313-8820) , Vol. 14 Issue 2, p27-33. 7p. Editor(s): Avinash Chandra Rai, A. C., Kumar, A., Modi, A., Singh, M., Advances in Plant Tissue Culture, Academic Press, Pages 31-49, ISBN 9780323907958, https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90795-8.00015-1.

Evans, D.A. (1989). Somaclonal Variation - Genetic Basis and Breeding Applications. Trends in Genetics, 5, 46-50.

Forner, J., Kleinschmidt, D., Meyer, E.H., Fischer, A., Morbitzer, R., Lahaye, T., Schöttler, M.A., & Bock, R., (2022). Targeted İntroduction of Heritable Point Mutations into The Plant Mitochondrial Genome. Nat. Plants, 8, 245–256 https://doi.org/10.1038/s41477-022-01108-y

Ghislain, M., Byarugaba, A.A., Magembe, E., Njoroge, A., Rivera, C., Román, M.L., Tovar, J.C., Gamboa, S., Forbes, G.A., Kreuze, J.F., Barekye, A., & Kiggundu, A. (2019). Stacking Three Late Blight Resistance Genes from Wild Species Directly into African Highland Potato Varieties Confers Complete Field Resistance To Local Blight Races. Plant Biotechnol J., 17(6):1119-1129. doi: 10.1111/pbi.13042.

Goyal, S., Wani, M. R., Raina, A., Laskar, R. A., & Khan, S. (2021).Quantitative Assessments on Induced High Yielding Mutant Lines in Urdbean [*Vigna mungo* (L.) hepper]. Legume Science, 4(2), e125. https://doi.org/10.1002/leg3.125

Gupta, S., Singh, A., Yadav, K., Pandey, N., & Kumar, S. (2022). Micropropagation for Multiplication of Disease-free and Genetically Uniform Sugarcane Plantlets, Chapter 2

Hoque, M.E., & Morshad, M.N. (2014). Somaclonal Variation in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Using Chemical. Mutagens The Agriculturists*, 12(1): 15-25*

Johansen, I. E., Liu, Y., Jørgensen, B., Bennett, E. P., Andreasson, E., Nielsen, K. R., Blennow, A., & Petersen, B. L. (2019). High efficacy full allelic CRISPR/Cas9 Gene Editing in Tetraploid Potato. Sci Rep, 9, 17715. https://doi.org/10.1038/s41598-019-54126-w

Kalpande, H. V., Surashe, S. M., Ashok, B., Ambika, M., Ganapathi, T. R. (2021). Induced Variability and Assessment of Mutagenic Effectiveness and Efficiency in Sorghum Genotypes [Sorghum bicolor (L.) Moench]. International Journal of Radiation Biology, (98): 2, 230-243 pp. doi: 10.1080/09553002.2022.2003466

Khah, M. A., Alshehri, M. A., Filimban, F. Z., Alam, Q., & Aloufi, S. (2022). Influence of Colchicine in Causing Severe Chromosomal Damage in Microsporocytes of Hard Wheat (*Triticum durum* Desf.): Possible Mechanisms and Genotoxic Relevance. Cytologıa, (87), 2, pages 137-143, https://doi.org/10.1508/cytologia.87.137

Khatab, I. A., & El-Mouhamady, A. B. A. (2022). In vitro Screening and Molecular Genetic Markers Associated with Fungal Pathogenic Toxin Filtrate Tolerance in Potato. *Egyptian Journal of Chemistry,* 65(6), pp. 477-487. doi: 10.21608/ejchem.2022.116899.5279

Krishna 2016; Krishna, H., Alizadeh, M., Singh, D., Udayvir Singh, U., Chauhan, N., Eftekhari, M., & Sadh, R. K., (2016). Somaclonal Variations and their Applications in Horticultural Crops Improvement. Biotech 6, 54. https://doi.org/10.1007/s13205-016-0389-7

Krishnaraj, S. M. (2021). An Overview on Somaclonal Variation. An International Multidisciplinary Research Journal, (11) 10, 1187-1196 pp

Larkin, P.J., & Scowcroft, W. R. (1981). Somaclonal Variation-A Novel Source of Variability from Cell Cultures for Plant Improvement. Theoretical and Applied Genetics, 60 (1981), pp. 197-214

Leva, A. R., Petruccelli, R., & Rinaldi, L. M. R. (2012). Somaclonal Variation in Tissue Culture: A Case Study with Olive. In: Leva, A. and Rinaldi, L.M.R., Eds., Recent Advances in Plant in Vitro Culture. InTech, London, 123-150. https://doi.org/10.5772/50367

Mohamed, R. R., Sherif, H. S. A., El-Shawaf, I. I. S, Salem, T. M. S., & Abd-Elkader , E. M. (2021). 'Molecular Studies and Soma-Clonal Variations in Some Potato Genotypes. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor,* 59(2), pp. 503-510. doi: 10.21608/assjm.2021.195298

Naveed, N.H., Naz, S., Khan, W. U., Yasin, N., & Khalid, A. M. (2022). In Vitro Induced Mutagenesis for Early Blight (Alternaria Solani) Resistance in Potato (Solanum Tuberosum L.). Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=4141360

Palshetkar M. G., Sawardekar, S. V., Dalvi, V. V., Narangalkar, A. L, & Dhekale, J. S. (2022). Effect of Mutagenic Treatments on Seed Germination, Seedling Growth and Survival of Pigeon Pea [*Cajanus cajan* (L.) Mill. Sp.]. Pharma Innovation 2022;11(2):1160-1164.

Pawełkowicz, M. E., Skarzyńska, A., Koter, M. D., Turek, S., & Pląder, W. (2022). miRNA Profiling and Its Role in Multi-Omics Regulatory Networks Connected with Somaclonal Variation in Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *International Journal of Molecular Sciences*, 23, no. 8: 4317. https://doi.org/10.3390/ijms23084317

Prasad, B. D., Sahni, S., Kumar, P., & Siddiqui, M. W. (2017). Plant Biotechnology, Volume 1: Principles, Techniques, and Applications. *CRC* Press, 586 sayfa

Sedlák, P., Sedláková, V., Vašek, J., Dukagjin Zeka, D., Čílová, D., Melounová, M., Orsák, M., Domkářová, J., Doležal, P., & Vej, P. (2022). Phenotypic, Molecular and Biochemical Evaluation of Somatic Hybrids Between *Solanum tuberosum* and *S. bulbocastanum*. Sci Rep, 2, 4484. https://doi.org/10.1038/s41598-022-08424-5

Subramaniam, S., Selva Rajan, K., Burkhan, H., Chew, B. L., Appalasamy, S., & Poobathy, R. (2022). Comparative analysis of Damd, ISSR and SCOT Molecular Markers on Cryopreserved Ludisia Discolor Axillary Buds: DAMD, ISSR and SCOT Molecular Markers on Cryopreserved Ludisia Discolor. Malaysian Journal of Science, 41(2), pp. 1–15. doi: 10.22452/mjs.vol 41, no2.1.

Tiwari, G., Tripathi, M. K., Tiwari, S., Tripathi, N., Uikey, D. S., & Patel, R. P. (2021). In Vitro Production of Secondary Metabolites Reserpine and Ajmalicine in Rauvolfia serpentina (L.) Benth. Current Aspects in Pharmaceutical Research and Development *Vol. 4*, 132–152. https://doi.org/10.9734/bpi/caprd/v4/2136C

Wang, X., Ke, L., Wang, S., Fu, J., Xu, J., Hao, Y., Kang, C., Guo, W., Deng, X., & Xu, Q. (2022). Variation Burst During Dedifferentiation and Increased CHH-type DNA Methylation after 30 Years of *In Vitro* Culture of Sweet Orange. *Horticulture Research,* Volume 9, 2022, uhab036, https://doi.org/10.1093/hr/uhab036

Wei, F.J., Kuang, L.Y., Oung, H.M., Cheng, S.Y., Wu, H.P., Huang, L.T., Tseng, Y.T., Wan-Yi Chiou,Vicki H. F., Chung, C.H., Yu, S.M., Lee, L.Y., Gelvin, S.B., & Hsing, Y.C. (2016). Somaclonal Variation does not Preclude The Use of Rice Transformants for Genetic Screening. The plant journal, 648-659 pp. https://doi.org/10.1111/tpj.13132.

Mikroplastikler ve İnsan Yaşamına Etkileri

Neslihan YOLASIĞMAZOĞLU[1]

GİRİŞ

Hayatın devam ettirilmesinde insanların çevreye ve diğer yaşayan canlılara karşı tutum ve davranışlarının etkisi önemlidir. Hayatın belirli bir kalitede sürdürülmesi, insan sağlığını ve dolayısıyla da yaşam biçimlerini etkilemektedir. İnsanların hayatlarını kolaylaştırmak amacı ile üretilen bazı ürünlerin, daha sonra insanların hayat kalitelerini olumsuz şekilde etkilememesi gerekmektedir. Bu konuda son yıllarda özellikle üzerinde durulan konulardan biri de plastik üretimi, çevreye ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin araştırılması gelmektedir.

Plastikler, insanların hayatlarında çok sık olarak kullanılan, birçok farklı sektörde faydalanılan, polimerden üretilen bir yapıya sahip bileşiklerdir. İnsanların yiyecek-içecek ürünlerinin kullanımında da kullanılması, plastiklerin önemini daha da arttırmaktadır. Son yıllarda plastiklerin yapısından ve çevreye verdiği zararlardan dolayı çok tartışılan konuların başında gelmektedir. Doğa da kaybolma süresinin uzun olması, daha küçük parçacıklar şekilde ayrışması, insanlar ve diğer canlılar üzerindeki olumsuz etkilerini arttırmaktadır. Plastiklerin çok daha küçük olarak parçalanması sonucunda mikroplastikler oluşmaktadır. Mikroplastikler, çok daha küçük olması nedeni ile hem insanlar hem de diğer canlılar için çok daha tehlikeli hale gelmektedir.

Çalışma, mikroplastiklerin insan sağlığına olan etkileri ile diğer canlılara ve çevreye verdiği zararların ortaya konulmasını amaçlamaktadır. Mikroplastiklerin genel özellikleri üzerinde durulmakta, neden plastiklerin üretilmemesi gerektiği ile ilgili önerilerde bulunulmaktadır. Plastiklerin ve dolayısıyla mikroplastiklerin tüm ülkelerin işbirliği ve de ortak çalışmaları ile doğadan arındırılması için bilgiler sunulmaktadır. Çalışmanın mikroplastikler üzerinde çalışma yapmayı düşünen akademisyenlere yol göstermesi ve doğadan arındırmayı amaçlayan sektör yöneticilerine ışık tutması hedeflenmektedir.

Plastik Kavramı ve Özellikleri

Plastikler, petrol, doğal gaz veya kömür gibi karbon bazlı malzemelerin parçalanmasından elde edilen çok çeşitli polimerlerden yapılmaktadır. Ucuzluğu, çok yönlülüğü, dayanıklılığı ve sağlamlığı göz önüne alındığında, plastikler paketleme, inşaat, nakliye, tarım ve tıp gibi birçok stratejik sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Plastik ürünlerin geniş ölçekli kullanımı ve kalıcı doğası, plastikleri ekosistemler için dünya çapında bir tehdit haline getirmektedir (Wang vd., 2019).

Günümüzde kullanılmış plastiklerin çoğu, kullanıldıktan sonra insanlar tarafından çöpe ya da çevreye atılmakta, bunun sonucu olarak da çöplüklere, okyanuslara ve diğer alanlara karışacağı için büyük bir çevre sorunu haline gelmektedir. Bu plastikler her gün çok sayıda atılmakta ve plastiklerin mikro boyuttan nano boyuta kadar parçalanması ve dağılması nedeniyle, çevreye ve insanlar için doğuracağı olumsuz sonuçlar endişelere yol açmaktadır.

Plastikler, biyobozunma veya biyobozunma olmayan süreç olarak tanımlanabilecek çeşitli şekillerde mikro ve nanoplastiklere parçalanabilmektedir. Plastik atık bertaraf edildikten sonra biyolojik, kimyasal ve çevresel unsurlara maruz kalmakta ve çoğunlukla 5 milimetreden küçük

[1] Öğretim Görevlisi, Giresun Üniversitesi, Espiye Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Giresun/Türkiye, nesihan.yolasigmazoglu@giresun.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3827-6892

boyutta olan mikroplastiklere ayrışmaktadır (Da Costa, 2018). Mikroplastiklerin biyolojik bozunma süreçleri, termal, fiziksel, foto, termo-oksidatif ve hidroliz olarak gerçekleşmektedir (Andrady, 2011). Termal veya ısıyla bozunma, doğal olmayan, ticari bir süreç iken, fiziksel bozunma, hava koşullarına maruz kalma yoluyla, daha büyük plastiklerin daha küçük parçalara bölünmesine neden olmaktadır. Ayrıca, hidroliz ve fotodegradasyon, plastiklerdeki kimyasal bağları parçalayarak, onları monomerik biçimlere dönüştüren kimyasal süreçlerdir. Biyobozunur olmayan süreçler, plastiklerin polimerik yapılarını bozmakta, mekanik özelliklerini değiştirmekte ve spesifik yüzey alanlarını arttırarak, fiziksel-kimyasal reaksiyonlara ve mikroorganizmalarla etkileşime girmelerine neden olmaktadır (Lucas & ark., 2008).

Plastikler, çevreye salındıktan sonra, ikincil mikroplastikler (MP'ler) olarak adlandırılan çevresel fizikokimyasal ve biyotik faktörlerin etkisi altında aşamalı olarak parçalanmaktadır Barnes & ar., 2009). İkincil mikroplastikler, çapı veya uzunluğu 5 mm'den az olan parçalar, lifler, granüller, pullar ve kürelerdir. Su ortamındaki mikroplastiklerin ana kaynağını oluşturmaktadırlar (Jiang, 2018). Birincil mikroplastikler yüzey akışı, evsel ve endüstriyel drenaj sistemleri ve atık su arıtma tesisleri deşarjı yoluyla sucul ortamlara girebilmektedir.

Mikroplastikler ve Özellikleri

Mikroplastikler, çapı 5 mm'den küçük olan plastiklerdir (Yang & ark., 2021). Genel olarak, poliamid, polivinilklorür, polietilen tereftalat, polistiren, yüksek yoğunluklu polietilen, düşük yoğunluklu düşük yoğunluklu polietilen, polipropilen ve poliüretan olarak doğada bulunan plastikler (Auta & ark., 2017), doğada daha küçük boyutta olan mikroplastiklere parçalanarak köpükler, lifler, topaklar, parçalar ve mikro boncuklar gibi çeşitli şekillerde ortaya çıkmaktadır (Hidalgo-Ruz & ark., 2012).

Plastiklerin hem birincil hem de ikincil kaynaklarından mikroplastikler oluşabilmektedir. Mikroplastiklerin birincil kaynakları, çoğunlukla kişisel bakım ürünleri ve kozmetiklerdeki plastik parçacıklardır. İkincil kaynaklar, büyük plastiklerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunmasından elde edilen mikroplastiklerdir (Yee & ark., 2021).

Benzersiz derecede hafif ve yok edilemez oluşu ve yüzebildikleri için dünyanın her yerine gidebilen mikroplastikleri, atık su arıtma sistemlerinin filtreleyememesi nedeniyle bu parçacıklar nehirlere, okyanuslara ve tatlı su kaynaklarına karışmaktadır. Ayrıca toprakta bulunan mikroplastikler de erozyon yoluyla nehirlere ve okyanuslara da karışabilmektedir (Yee & ark., 2021). Kararlı kimyasal özellikleri nedeniyle mikroplastikler çevrede yüzlerce yıl var olabilmektedir. Ekolojik çevredeki geniş varlığı ve organizmalar için çeşitli tespit edilmiş ve edilememiş birçok tehlikesi bulunmaktadır (Yang & ark., 2021).

Mikroplastiklerin Çevreye Etkileri

Yeryüzünde bulunan çöplerin yaklaşık %60-80'i plastikten oluşmaktadır (Avio, & ark., 2015). Her yıl okyanuslara, tahmini değer olarak 8 milyon tondan fazla plastik atılmaktadır (Erni-Cassola & ark., 2019). Genel varsayımla, dünyadaki okyanuslar toplamda 269 bin ton ağırlığında en az 5,25 trilyon adet plastik parçacık içermektedir (Eriksen & ark., 2014).

Nehirler, plastik atıkların karadan denize taşınmasının ana yolları olup, dünya okyanuslarına yılda 1,15–2,41 milyon ton plastik atık getirmektedir. Kuzey ve Güney Amerika'daki tatlı su rezervuarlarındaki MP içeriği 0.16 ila 3.438 parçacık/m3 arasında, Avrupa nehirlerinde 0.28 ila 1.265 parçacık/m3 arasında ve Asya su kütlelerinde 293 ila 19.860 parçacık/m3 arasında değişmektedir. Bu su sporlarında mikroplastikler esas olarak PP, PE ve PS'den oluşan lifler, parçalar, filmler ve köpüklerle temsil edilmektedir. Mikroplastikleri musluk suyundan uzaklaştırmak için yapılan tüm çabalara rağmen, partiküller kesinlikle bulunmaktadır. Dünyanın farklı

bölgelerinden toplanan 159 musluk suyu örneğinin analizi, örneklerin %81'inde mikroplastikler tespit edilmiş, ortalama içerik 5,45 partikül/L olarak belirlenmiştir (Sarijan & ark., 2021).

Mikroplastikler, tarım arazileri, seralar, ev bahçeleri, kıyılar, endüstriyel ve taşkın yatağı toprakları dahil olmak üzere toprak ortamlarında her yerde bulunmaktadır. Tarım topraklarında mikroplastik kirliliğinin ana kaynakları katı biyolojik maddeler ve kompostlar, sulama kanalizasyon suları, malç filmleri, polimer gübreler ve pestisitler ve yağış olarak ifade edilmektedir. Topraklardaki plastikler esas olarak PE, PP, PS ve polivinil klorür (PVC) ile temsil edilmektedir (Kumar & ark., 2020).

Mikroplastik parçacıkları havada da bulunmaktadır. Paris'teki kentsel ve banliyö alanlarındaki ortalama mikroplastik biriktirme oranları, m2/gün başına 110 ± 96 ve 53 ± 38 parçacık; Dongguan (Çin) m2/gün başına 36 ± 7 parçacık ve Londra'nın merkezi için oranlar m2/gün başına 771 ± 167 parçacık olarak tespit edilmiştir. Atmosferik mikroplastik esas olarak 5–75 μm kalınlığında ve 250–2.500 μm uzunluğunda akrilik liflerin yanı sıra 50-350 μm ölçülen fibriler olmayan PE, PP ve PS parçalarıdır. Atmosferik mikroplastik lifleri tekstillerden ve lifli olmayan partiküller çoğunlukla ayrışan ambalaj malzemelerinden gelmektedir. Ayrıca, diğer öne çıkan kaynaklar arasında aşınmış lastikler, boyalar ve endüstriyel emisyonlar yer almaktadır (Wright & ark., 2020).

Havadaki mikroplastikler deniz ortamına da girebilmektedir. İç mekân toksikolojik deneyleri, mikroplastiklerin organizmalar üzerinde çeşitli toksik etkiler üretebileceğini gösterse de bu deneylerde kullanılan mikroplastiklerin konsantrasyonu, gerçek ortamdakinden çok daha yüksektir. Bu nedenle, mikroplastiklerin gerçek ortamda düşük konsantrasyonlarda ekosisteme zarar verip vermediği bilinmemektedir. Özellikle, birçok çalışma, mikroplastiklerin su ürünleri ve tuz yoluyla besin zinciri boyunca zenginleştirilebileceğini göstermiştir.

Topraktaki plastik bozunma, güneşe maruz kalma ve mekanik aşınma olmaması nedeniyle yavaştır. Bu mikroplastikler toprakta birikmeye devam edebilmekte ve toprakta mikroplastik havuzu oluşturabilmektedir. Mikroplastikler toprak parçacıkları ile çevrili olduklarından veya toprak agregatlarıyla birleştiğinden, toprak yığın yoğunluğunu, geçirgenliğini, su tutma kapasitesini ve topraktaki su stabilitesi yığılmasını etkileyebilmektedir (Rillig & ark., 2019).

Anderson ve arkadaşları (2018), dört tip mikroplastiğin (örneğin, PP ve PET) kumlu toprağın yığın yoğunluğu, su tutma kapasitesi ve su stabilitesi aglomerasyonu üzerindeki etkilerini incelenmiş ve sadece PET'in toprak yığın yoğunluğu ile su stabilitesi yığılması arasında negatif bir korelasyona sahip olduğunu bulunmuştur. Diğer mikroplastik türlerinin hiçbir etkisi olmadığı tespit edilmiştir (Anderson & ark., 2018). Ancak, Zhang ve arkadaşları (2019), farklı bir sonuç ortaya koymuştur. PET, toprak su tutma kapasitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir ve toprak yığın yoğunluğu üzerinde hiçbir etkisi yoktur. Bu farklılığın deneyde farklı toprak fizikokimyasal özelliklerinin kullanılmasından kaynaklanmış olabileceği ifade edilmektedir. Ayrıca, mikroplastikler geçirgenlik yoluyla toprak gözenekliliğini değiştirebileceği, toprak geçirgenliğini etkileyebileceği ve topraktaki suyun buharlaşmasını etkileyebileceği belirtilmektedir (Zhang & ark., 2019).

Mikroplastikler, çeşitli mekanizmalar yoluyla doğal sistemleri ve dolayısıyla çevre sağlığını tehdit edebilmektedir. Bunlardan biri, mikroplastiklerin doğrudan veya dolaylı etkileri nedeniyle organizma popülasyonlarındaki değişikliklerdir. Tek bir türdeki doğrudan etkiler, ekosistem düzeyinde yaygın sonuçlara sahip olabilmektedir. Örneğin, mikroalg popülasyonları, birincil tüketicilerin popülasyonlarını azaltırsa mikroplastiklerden yararlanabilmekte, ancak mikroplastikler temel besinlerin emilimini engellerse zarar görebilmektedir (Prata & ark., 2019). Plastik çöpün ayrıca bentik makrofaunadaki topluluk yapılarını değiştirdiği ve taksonomik bolluk, zenginlik ve çeşitlilikte bir artışa yol açtığı bulunmuştur. Benzer şekilde, mikroplastikleri kolonize eden mikrobiyal topluluklar, ekosistemlerin çeşitliliği ve biyojeokimyasal süreçleri üzerinde ekolojik etkileri olabilecek farklı yapı, bileşim ve işlevsel özellikler sunmaktadır. Mikroplastik mikrobiyal

topluluklarının ekolojik rolü ve işlevselliği bağlama bağlıdır ve farklı ortamlar arasında değişiklik göstermektedir. Kilit taşı türleri ekosistem işleyişi için gerekli olan mikroplastikler ve plastik çöplerin varlığı ile tehdit edilebilmektedir. Bununla birlikte, mikroplastiklerin organizmaların yayılmasındaki vektör etkisi, istilacı türlerin çoğalmasına yol açabilmektedir (Miao & ark., 2019).

Bu etkiler yalnızca popülasyon dinamikleri ile sınırlı olmayıp, habitat özelliklerindeki değişikliklerle de sınırlıdır. Sedimentlerde mikroplastik birikim, termal yayılımı azaltabilirken, ısı kapasitesini artırabilmekte ve geçirgenliği artırırken, çok sayıda takson için yumurtadan çıkma, besin döngüsünün değişmesi ve hayvanlarda sıcaklığa bağlı cinsiyet belirleme gibi potansiyel etkilerle geçirgenliği değiştirebilmektedir (Garrison & Fuentes, 2019). Tarım topraklarındaki mikroplastikler, atık su arıtma tesislerinden gelen atık su çamurunun gübre olarak uygulanmasından kaynaklabilmekte ve bu kısım atık sudaki mikroplastiklerin çoğunu tutmaktadır (Prata & ark., 2019).

Özetle, mikroplastikler, özelliklerine ve çevresel konsantrasyonlarına bağlı olarak, çeşitli doğrudan ve dolaylı mekanizmalar yoluyla çevresel süreçleri, toplulukları ve dolayısıyla insan ve de hayvan sağlığını tehdit edebilmektedir. İnsanların ve ekosistemlerin tür bileşimi üzerindeki etkileri, habitatların fiziksel özelliklerindeki ile besin akışı ve temel ekosistem işlevleri üzerindeki değişikliklere yol açmaktadır. Bu değişiklikler, ekosistem esnekliğinin azalmasına neden olabilmekte ve dünyanın doğal sistemleri için büyük risk oluşturmaktadır. Mikroplastiklerin çevre ve popülasyonlar üzerindeki büyük ölçekli etkileri konusunda hala çok fazla belirsizlik vardır. Bu nedenle, özellikle büyük ölçekli deneyleri ve saha çalışmalarını içeren daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Mikroplastiklerin İnsan Sağlığına Etkileri

Mikroplastiklerin insan vücuduna girmesi için soluma, yutma ve cilt teması olmak üzere üç temel yol bulunmaktadır. Solunan havadaki mikroplastikler kentsel tozdan kaynaklanabilmekte, sentetik tekstilleri ve kauçuk lastikleri içerebilmektedir. Mikroplastikler gıda zincirinde ve su kaynaklarında yaygın oldukları için insanlar tarafından yutulmaktadır (Prata, 2018). Deri zarı mikroplastiklerin veya nanoplastiklerin geçemeyeceği kadar inceyken, yaralardan, ter bezlerinden veya kıl foliküllerinden girmeleri mümkündür. Her üç yol da insan vücudunda bulunan toplam mikroplastik miktarına katkıda bulunsa da, mutlak maruziyet için en büyük riski oluşturanlar deniz ürünleri ve çevredeki partiküllerdir. Bunun nedeni, polimerlerin uzun süreli aşınması, polimer kimyasal katkı maddelerinin sızması, artık monomerler, kirleticilere maruz kalma ve patojenik mikroorganizmaların tümünün bu ortamlarda aktif olmasıdır (Li & ark., 2019).

Veriler, insanın hayatta kalması için gerekli olan mikroplastiklerin havada, içme suyunda ve yiyeceklerde bulunduğunu göstermektedir. Havada yüzen mikroplastikler, solunum yoluyla insan solunum sistemine girmektedir. Mikroplastik içeren yiyecek ve içme suyu alımı, mikroplastikleri insan sindirim sistemine taşımaktadır (Zhang & ark., 2020). Mikroplastiklerin insan sağlığı üzerindeki etkisi belirsizliğini korusa da, araştırmacılar genellikle mikroplastiklerin insan sağlığı üzerinde potansiyel bir olumsuz etkiye sahip olduğunu öne sürmüşlerdir. Örneğin, mikroplastikler akciğerlere nüfuz edebilmekte, sık temas ile solunum sisteminde olumsuz semptomlara neden olabilmekte ve vücuttaki kanserojen oranı artırabilmektedir (Prata, 2018).

Mevcut gözlemler çoğunlukla model organizmalarda yapılan in vitro veya in vivo çalışmalara dayanmaktadır. Ayrıca, insan sağlığı üzerindeki etkileri için halihazırda değerlendirilmekte olan mikroplastiklerin kirletici kategorilerine dahil edilmesi de dikkate alınmaya değerdir (Prata & ark., 2018). Bununla birlikte, mikroplastiklerin insan sağlığı üzerindeki etkilerini aşağıdaki maddeler ile özetlemek mümkündür (Kim & ark., 2002; Lang & ark., 2008; Moos & Slaveykova, 2014; Barboza & ark., 2018; Hahladakis & ark., 2018):

- Oksidatif stres

Mikroplastikler, in vivo olarak antioksidan enzimlerin aktivitesini etkileyerek normal redoksun dinamik dengesini bozabilmekte, bu da biyolojik makromoleküllerin oksidatif hasarına neden olmakta ve normal yaşam aktivitelerine müdahale edilmesine yol açmaktadır. Mikroplastikler organizmalarda oksidatif strese neden olmakta, bu da hücre hasarına ve hücre zarı yapısı hasarına yol açarak hücre zarı geçirgenliğinde azalmaya neden olarak, hücrelerin normal fizyolojik sürecini etkilemektedir. Hücre büyüme hızını ve doğurganlığı azaltabilmektedir. İzositrat dehidrojenaz (IDH), hücrelerin redoks dengesini korumak için gereklidir. Mikroplastikler, organizmalarda oksidatif strese ve kas hasarına yol açan IDH aktivitesini inhibe edebilmektedir. Fotootototrofik organizmalar, sucul ekosistemler için çok önemli olan sucul besin ağlarının temelidir. Nanopartiküllere maruz kalan alglerin, alglerin fotosentezini engellediği ve reaktif oksijen türleri (ROS) üretmeye başladığı gözlemlenmiştir. Mikroplastiklerin alımı ve birikimi, alg hücrelerinde ROS içeriğini artırarak, alg hücrelerinde oksidatif strese yol açmaktadır.

- Nörolojik hasar

Asetilkolinesterazın (AchE) inhibisyonu, mikroplastiklere maruz kalan çeşitli organizmalarda bulunmuştur. Ayrıca, nöronal fonksiyonu engellediği de düşünülebilir ve nöronal ağ fonksiyonunu azaltabilmektedir. Sinir fonksiyonunu etkilediğine yönelik çalışmalar bulunmaktadır.

- Endokrin bozulması

Modern endüstriyel üretimde, plastik sentez ve işleme, nihai plastik ürünün verimliliğini artırmak için plastiğe organik ve inorganik bileşenler eklenmektedir. Ftalatlar, polibromlu difenil eterler ve bisfenol A gibi kimyasallar plastiklere plastikleştiriciler, alev geciktiriciler, stabilizatörler ve mantar öldürücüler şeklinde bulunmaktadır. Dolayısıyla bu maddeler, gelişme ve üremede ciddi endokrin bozucu etkilere neden olarak endokrin bozucular olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca ftalatlar, nükleer hormon reseptörünü hedefleyen sinyal yolunu etkileyerek ve muhtemelen endokrin düzenlemelerini bozarak balıklarda endokrin bozulmasına neden olabilmektedir. Balık tüketen insanlara da bu şekilde geçişi mümkündür.

- Bağışıklık Hasarı

Mikroplastikler biyolojik olarak alındıktan sonra doku ile organlarda birikim ve transfer yoluyla bağışıklık sistemine girebilmekte ve bağışıklık tepkisine müdahale edebilmektedir. Mikroplastiklerin insan vücuduna girmesi, bağışıklık hücrelerinin aktivitesinin ve hücre canlılığının azalmasına yol açabilmektedir. Mikroplastik maruziyet ayrıca inflamasyona neden olabilmekte ve proinflamatuar sitokinlerin aktivasyonunu etkileyebilmektedir. Mikroplastikler, in vitro hücre hattı modellerinde sitokinlerin salınımını veya inflamatuar yanıt genlerindeki değişiklikleri etkileyebilmektedir.

Sonuç

Mikroplastikler küresel olarak bol miktarda bulunmakta, hemen hemen her ortamda kalıcı olarak kalmaktadır. Suda yaşayan organizmalar tarafından ayrım gözetmeksizin tüketilebilen, kolayca emilebilen ve mikroplastiklere konsantre olabilen sudaki kimyasal kirleticilerin artan seviyeleri ile birleştiğinde, küresel eylem gerektiren ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Mikroplastiklere emilen kimyasal kirleticiler ve plastik üretimi sırasında dahil edilen kimyasal katkı maddeleri, mikroplastiklerden sudaki biyota dokusuna sızabilmekte ve daha yüksek trofik seviyelerde ve hatta insanlarda biyolojik olarak birikebilmektedir.

Mikroplastiklerin insan sağlığında yol açtığı olumsuz etkiler ile ilgili çalışmalar sürmektedir. Ancak, çalışmaların azlığı ve devam etmesi nedeni ile tam olarak insan sağlığı üzerindeki etkileri ile ilgili bilgiler verilememektedir. Ancak, bilinen gerçek, mikroplastiklerin her yönü ile insan sağlığına olumsuz etkilerinin varlığıdır. Kalıcı olarak dünya üzerinde yer almaları nedeni ile ister kara ister

deniz isterse de hava olsun, her ortamdan insana bulaşma ve sağlık açısından risk oluşturma ihtimali yüksektir. Bu nedenle, mikroplastiklerin çevreye yayılması, ülke yönetimleri ve bilim insanları açısından ciddi bir endişe kaynağı olarak ifade edilmektedir.

Çalışma, mikroplastiklerin etkilerinin çevreye ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin önemine dikkat çekilmek amacı ile yapılmıştır. Günümüz insan sağlığı üzerinde plastiklerin kullanımının yoğun olması, çevrede kalıcı olması ve insan sağlığına olumsuz etkileri nedeni ile literatür taraması yapılmıştır. Çalışmada, mikroplastiklerin tanımlaması ile özellikleri ortaya konarak, insanların fark etmeden nasıl bu mikroplastiklere maruz kalacağı anlatılmaya çalışılmaktadır. Bu kapsamda, günümüz çevre ve insan sağlığı açısından önemli konuların başında gelen mikroplastik konusu ile ilgili aşağıdaki öneriler sunulmaktadır.

- Mikroplastikler üzerine farkındalık yaratmak gerekmektedir. Bu nedenle, konu ile ilgili tüm paydaşların ortak çalışmalar yürüterek, halkın bilinçlenmesini sağlaması gerekmektedir.
- Mikroplastiklerin azaltılması için yeni araştırmalar ve yeni teknolojilerin kullanılması uygun olacaktır. Akademik anlamdaki çalışmaların çoğaltılması gerekmektedir.
- İnsan sağlığı açısından belirsizlerin olması nedeni ile sağlık bilimleri alanındaki uzmanların bu konuda çalışmalarına hız vermesi, mikroplastiklerin zararları hakkında toplumları eğitmesi önem arz etmektedir.
- Plastiklerin neden olduğu kirlilik ve olumsuz etkilerin anlaşılması için üretim yapanlar, tüketiciler, politika yapanlar, kanun uygulayıcıları, bilim insanları ve diğer paydaşlar ile birlikte yeni davranış modelleri ile kanunlar üretmek gerekmektedir. Halkın plastik konusundaki algılamalarının değiştirilmesi, plastiğin kullanımını azaltacak ve dolayısıyla dünyaya yayılımı da düşecektir.
- Plastik ürünlerin kullanımını azaltacak yeni teknoloji ürünleri üretilmeli ve halkın kullanımına sunulmalıdır. Uygun şartlarda halkın yeni ürünlere alıştırılması, plastik ürünlerden vazgeçilmesini kolaylaştıracaktır.
- Mikroplastiklerin olumsuz etkileri ile ilgili olarak milli eğitim ve üniversite müfredatlarına bilgilendirici dersler konulması, halkın bilinç düzeyinin arttırılmasında en etkili yöntemlerden biri olacaktır. Devlet kurumlarının plastik kullanımı ile ilgili eğitimleri her aşamada insanlara sunması uygun olacaktır.
- Çevreye özen göstermenin gelecekte insan sağlığı ve yaşam kalitesi ile bağlantılı en önemli unsurlar arasında olacağı kuşkusuzdur. Bu nedenle, mikroplastiklerin çevreye yayılmasına engel olacak üretim teşviklerinin sunulması, plastik üretimini azaltacaktır.
- Denizlerdeki mikroplastiklerin fazla olması, balık ve diğer deniz ürünleri tüketen insanların sağlığını uzun vade de etkileyeceğinden, denizcilik ile ilgili tüm üretim işlemlerinde plastik yerine alternatif ürünlerin kullanılması teşvik edilmelidir. Deniz temizliği ile ilgili olarak tüm ülkeler tarafından yasal mevzuatlar çıkartılarak, denizlerin plastikten temizlenmesi için ortak bir platform kurulmalıdır.
- Mevcut plastik ürünlerin çevreden arındırılması için geri dönüşüm bilincinin yayılması, teşvik edilmesi ve kanunlar ile desteklenmesi gerekmektedir. Deniz, kara veya hava olsun, tüm çevresel unsurlara yönelik yeni teknolojiler ile desteklenen tesisler kurulmalıdır.
- Devlet kurumlarının işbirliği içinde plastiklerin ortadan kaldırılması için çalışmalar yapması, insanların plastik tüketimini azaltması ve çevreye atmaması için yol gösterici etkinlikler düzenlemesi cazip bir yöntem olacaktır.

Plastiklerin ve dolayısıyla mikroplastiklerin insanların sağlığına zarar verici etkilerini azaltmak amacıyla, ulusal çabalar yetersiz kalacağından, uluslararası kurum ve kuruluşların yasal mevzuatlarla tüm dünyada geçerli uygulamalara geçmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, plastik kullanımının ucuz olması nedeni ile gelir seviyesi düşük olan ortamlarda plastik kullanımını azaltmak söz konusu olmayacaktır. Bu nedenle, mikroplastiklerin insan sağlığına etkileri ile ilgili bilim insanları ve ülke yöneticileri işbirliği içinde çalışmalı, halkları bilinçlendirmeli ve plastik yerine kullanılabilecek yeni ürünleri insanların kullanımına sunmalıdır. Dünya genelinde bir çaba olmadıkça, plastiklerin çevreye ve insan sağlığına vereceği olumsuz etkilerin azaltılması mümkün olmayacaktır.

KAYNAKÇA

Andrady, A.L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bull, 62*, 1596–1605.

Anderson, A.S.M., Wai, L.C., Jennifer, T., Werner, K., Anika, L. & Roland, B.R. (2018). Impacts of Microplastics on the Soil Biophysical Environment. *Environmental Science & Technology, 52*, 9656– 9665.

Auta, H.S., Emenike, C.U., & Fauziah, S.H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International, 102*, 165–176.

Avio, C.G. Gorbi, S., Milan, M.; Benedetti, M., Fattorini, D., d'Errico, G., Pauletto, M., Bargelloni, L. & Regoli, F. (2015). Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environment Pollution, 198*, 211–222.

Barboza, L.G.A., Vieira. L.R., Branco. V., Figueiredo. N., Carvalho. F. & Carvalho. C. (2018). Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury in the European seabass, Dicentrarchus labrax (Linnaeus, 1758). *Aquatic Toxicology, 195*, 49–57.

Barnes, D.K., Galgani, F., Thompson, R.C. & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Biological Sciences, 364* (1526), 1985–1998.

Da Costa, J.P. (2018). Micro and Nanoplastics in the Environment: Research and Policymaking. *Elsevier, 1*, 12–16.

Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M. & Moore C.J. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE, 9*(12), 1-15.

Erni-Cassola, G., Zadjelovic, V., Gibson, MI. & Christie-Oleza JA. (2019). Distribution of plastic polymer types in the marine environment; a meta-analysis. *Journal of Hazardous Materials, 369*(3), 691–698.

Garrison, S.R. & Fuentes, M.M.P.B. (2019). Marine debris at nesting grounds used by the Northern Gulf of Mexico loggerhead recovery unit. *Marine Pollution Bulletin 139*, 59–64.

Hahladakis, J.N, Velis, C.A., Weber, R., Iacovidou, E. & Purnell, P. (2018). An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials, 344*, 179–199.

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C. & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environment Science Technology, 46*, 3060–3075.

Jiang, J.Q. (2018). Occurrence of microplastics and its pollution in the environment: a review. *Sustainable Production and Consumption 13*, 16–23.

Kim, E., Kim, J. & Lee, S. (2002). Inhibition of oocyte development in Japanese medaka (Oryzias latipes) exposed to di-2-ethylhexyl phthalate. *Environment International, 28*, 359–365.

Kumar, M., Xiong, X., He, M., Tsang, D.C.W., Gupta, J., Khan, E., Harrad, S., Hou, D., Ok, Y.S. & Bolan, N.S. (2020). Microplastics as pollutants in agricultural soils. *Environmental Pollution, 265*, 1-11.

Lang, I.A., Galloway, T.S., Scarlett, A., Henley, W.E., Depledge, M. & Wallace, R.B. (2008). Association of urinary bisphenol a concentration with medical disorders and laboratory abnormalities in adults. *The Journal of the American Medical Association, 300*, 1303–1310.

Li, J., Zhang, K. & Zhang, H. (2019). Adsorption of antibiotics on microplastics. *Environment Pollution, 237*, 460–467.

Lucas, N., Bienaime, C., Belloy, C., Queneudec, M., Silvestre, F. & Nava-Saucedo, J.-E. (2008). Polymer biodegradation: Mechanisms and estimation techniques—A review. *Chemosphere, 73*, 429–442.

Miao, L., Wang, P., Hou, J., Yao, Y., Liu, Z., Liu, S. & Li, T. (2019). Distinct community structure and microbial functions of biofilms colonizing microplastics. *Science Total Environment, 650*, 2395–2402.

Moos N. & Slaveykova V.I. (2014). Oxidative stress induced in bacteria and aquatic microalgae −state of the art and knowledge gaps. *Nanotoxicology, 8*, 605–630.

Prata, J.C. (2018). Airborne microplastics: Consequences to human health? *Environment Pollution, 234*, 115–126.

Prata, J.C., Lavorante, B.R.B.O., Montenegro,M. Da C.B.S.M. & Guilhermino, L. (2018). Influence of microplastics on the toxicity of the pharmaceuticals procainamide and doxycycline on themarinemicroalgae *Tetraselmis chuii. Aquat. Toxicol. 197*, 143–152.

Rillig, M.C., Lehmann, A., Machado, A, & Yang, G. (2019). Micro-plastic effects on plants. *New Phytologist, 223*, 1066–1070.

Sarijan, S., Azman, S., Said, M.I.M. & Jamal MH. (2021). Microplastics in freshwater ecosystems: a recent review of occurrence, analysis, potential impacts, and research needs. *Environmental Science and Pollution Research, 28*(2), 1341–1356.

Wang, W., Gao, H., Jin, S., Li, R., Na, G., 2019. The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic foodweb, fromprimary producer to human: a review. *Ecotoxicol. Environment. Safety, 173*, 110–117.

Wright, S.L., Ulke, J., Font, A., Chan, K.L.A. & Kelly, F.J. (2020). Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport. *Environment International, 136*(8), 1-7.

Yang, H., Chen, G. & Wang, J. (2021). Microplastics in the marine environment: sources, fates, impacts and microbial degradation. *Toxics, 9*(2), 41.

Yee, M. S. L., Hii, L. W., Looi, C. K., Lim, W. M., Wong, S. F., Kok, Y. Y. & Leong, C. O. (2021). Impact of microplastics and nanoplastics on human health. *Nanomaterials, 11*(2), 496-508.

Zhang, X., Zheng, M., Yin, X., Wang, L., Lou, Y.H. & Qu, L.Y. (2019). Sorption of 3,6-dibromocarbazole and 1,3,6,8-tetrabromocarbazole by microplastics. *Marine Pollution Bulletin, 138*, 458–463.

Zhang, Q., Xu, E.G., Li, J., Chen, Q.Q. & Shi, H.H. (2020). A Review of Microplastics in Table Salt, Drinking Water, and Air: Direct Human Exposure. *Environmental Science & Technology, 54*, 3740–3751.

Afetlerde Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Yazılımı Kullanımı : Slosh Modelin Çalışma Prensibi

Haydar KEPEKÇİ[1]

GİRİŞ

Coğrafi bilgi sistemi (CBS), coğrafi verileri yakalayan, depolayan, yöneten, geri alan, analiz eden ve görüntüleyen ilişkisel bir bilgisayar sistemi demektir. Başka bir deyişle, bir CBS, kullanıcıların çalışmalarının "nerede" boyutlarını anlamalarına ve yeri o yer hakkındaki bilgilerle, özellikle de nüfus hakkındaki bilgilerle ilişkilendirmelerine olanak tanır. CBS temelli programlardan birisi olan SLOSH (Kasırga kaynaklı Deniz, Göl ve Kara Dalgalanmaları), başlangıçta sadece hava durumunu tahmin etmek için oluşturulmuş olmasına rağmen ilerleyen dönemlerde tehlike modelleme ve afet hazırlığı için de kullanılmaya başlanmıştır. Bu program aracılığıyla Federal Acil Durum Yönetim Ajansına (FEMA) grafiksel, genellikle animasyonlu, biçimde sunulmaktadır. SLOSH sayısal tabanlı bir program olduğu için çalışırken taşıma denklemleri ve Navier-Stokes momentum denklemlerinin çözümüyle sonuçlar verir. Bu çalışmada 2012 yılında Afrika kıtasının batı tarafında başlayıp kısa sürede bütün Atlantik ülkelerini etkileyen Sandy Kasırgası'nın öncesi ve sonrasında SLOSH modelin çalışması incelenmiştir. SLOSH model sayesinde kasırganın neden olacağı tahribat ve yıkım önceden tahmin edilebilmek ve ona göre hazırlıklar yapılmıştır. Alınan doğru önlemler sayesinde hem maddi kayıplar hem de can kayıpları en az seviyeye indirilmiştir.

Coğrafi bilgi sistemi (CBS) popülasyonların nasıl dağıldığını, nasıl göç ettiklerini, çevrelerinden nasıl etkilendiklerini, çevrelerini nasıl etkilediklerini ve her türlü kritik değişken, sonuç ve risk faktörü ile ilişkilerini görselleştirmenin bir yolunu sağlar. CBS, coğrafi verileri yakalamak ve işlemek için bir dizi bilgi işlem teknolojisine dayanan donanım, yazılım ve yönetim sistemlerinden oluşur. Bu nedenle, değerli bir haritalama ve analiz sistemidir (Nelson & Greenough, 2016). Coğrafya bilimi, afet konularında durgun lojistik araçlar biçiminde kullanılsa bile afet müdahalesinde her zaman aktif bir rol oynamıştır. Bilgisayar ve iletişim sistemlerinin evrimi ile CBS eski haritaların kullanımının ötesine geçerek gelişmiş haritalama ve veri toplama teknikleri ile disiplinler arası bir alana doğru evirilmiştir. Kısacası, CBS afet yönetiminde önemli aktörlerden birisi haline gelmiştir (Kawasaki & Berman & Guan, 2013). CBS'nin tehlike modelleme ve afet hazırlığı için ilk kullanımlarından biri SLOSH (Kasırga kaynaklı Deniz, Göl ve Kara Dalgalanmaları) programıydı (Glahn & ark. 2009). İlk olarak 1960'ların sonlarında geliştirilen SLOSH, başlangıçta hava durumunu tahmin etmek amacıyla oluşturulmuştu. Ancak kısa süre sonra, SLOSH'un hidrolojik modellemesinin, taşkınlara karşı duyarlı toplulukları tanımlamak ve hazırlık programları tasarlamak için tehlike analizi olarakta kullanılabileceği anlaşıldı (Zlatanova & ark., 2013). 2005 yılında, onlarca yıllık çalışmadan sonra, başlangıçta basılı haritalar aracılığıyla kuruluşlara dağıtılan bu veriler, bugünlerde "SLOSH Görüntüleme Programı" aracılığıyla Federal Acil Durum Yönetim Ajansına (FEMA) grafiksel, genellikle animasyonlu, biçimde sunulmaktadır. Yakın zamanda SLOSH model Katrina Kasırgası için de kullanılmış ve böylece hem tehlikenin modellenmesinde fikir vermiş hem de kasırgadan etkilenebilecek kişilerin afet sonrası tıbbi ihtiyaçlarının erken bir şekilde belirlenmesini sağlamıştır (Wilson & Little & Novick, 2013).

[1] Doktor Öğretim Üyesi, Nişantaşı Üniversitesi

2012 yılında Sandy Kasırgası sırasında ABD Atlantik kıyı şeridini sular altında bırakan fırtına gelgitinin sayısal simülasyonları, Ulusal Hava Servisi (NWS) tarafından SLOSH modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yıkıcı fırtına tarafından karaya sürüklenen suyun yüksekliği, zamanlaması, oluşumu ve kapsamı; kullanılan SLOSH model sayesinde önceden yaklaşık olarak tahmin edilmiştir (Jelesnianski & Chen & Shaffer, 1992). CBS konusunda her ne kadar teknoloji geliştiği için bir ilerleme kaydedilmiş olsa da birtakım zorluklar da söz konusudur. Hava gözetimi ve tehlike modellemesinden üretilen ham veriler paha biçilmezdir, ancak yine de incelenmeleri gerekir ve resmi teknik değerlendirmelerden geçirilmelidir. Günümüzde mevcut afet müdahale altyapısının çoğu, güvenilir bir şekilde doğrulama kapasitesinden yoksundur. Bu sorunu ortadan kaldırmak için, olası afetlerden etkilenme potansiyeli olan insan sayısını doğru belirlemek, raporları filtrelemek ve elde edilen verileri doğrulamak lazımdır (Turan & ark., 2018).

SLOSH modeli, Ulusal Hava Servisi tarafından kıta sahanlıklarında, iç su kütlelerinde ve su seviyelerinin iç yönü de dahil olmak üzere kıyı şeritlerinde gerçek zamanlı kasırga fırtına dalgalanma seviyelerini tahmin etmek için geliştirilmiştir. SLOSH, eğrisel, kutupsal, eliptik veya hiperbolik ızgara şemalarında derinlik ortalamalı iki boyutlu bir modeldir. Bariyerlerin aşılması, kanallardan ve taşkın yataklarından geçen akış nedeniyle oluşan fırtına dalgalanmalarının modifikasyonu, modele alt ızgara özellikleri olarak dahil edilmiştir (Forbes & ark., 2014). SLOSH modeli, bir fırtına dalgası simülasyonu gerçekleştirirken bir kasırganın fiziksel özelliklerini tanımlamak için girdi olarak, maksimum rüzgâr yarıçapı olarak verilen, kasırga basınç farkını, kara düşüşü konumu, ilerleme hızı ve boyutu dahil olmak üzere kasırga izi tanımını gerektirir. Kasırga rüzgâr alanı için, SLOSH, rüzgâr hızının maksimum rüzgâr yarıçapından olan mesafeyle ters orantılı olduğu bir jeostrofik rüzgâr modeline dayalı olarak geliştirilmiş bir rüzgâr hızı arama tablosu kullanır (Glahn & ark., 2009).

SLOSH Model Kullanım Örneği

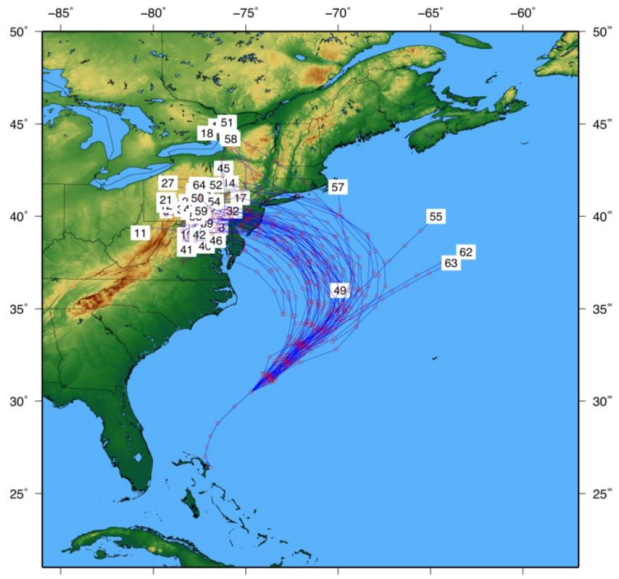
SLOSH modeli, Ulusal Hava Servisi tarafından kullanılan sayısal bir kıyı okyanus modelidir. Bu model taşıma denklemleri, sıkıştırılamaz ve türbülanslı akış için Navier-Stokes momentum denklemlerinin uygulanmasıyla çözülür. SLOSH model taşıma denklemleri, dağılmanın yalnızca bir girdap viskozite katsayısı ile belirlendiği Platzman tarafından türetilmiştir. Jelesnianski tarafından bir dip kayma katsayısı dahil edilmiştir. Yönetim denklemleri, su sütununun tüm derinliği boyunca entegre edilmiştir. Her zaman adımında yatay taşımalar basınç, Coriolis ve sürtünme kuvvetlerinden çözülür. Bu aktarımlar, her model ızgara noktasında güncellenmiş bir dalgalanma seviyesi üretir (Lee & ark., 2018). SLOSH, iç su taşkınlarını tahmin etmek için bir ıslatma ve kurutma algoritması içerir. SLOSH modeline basitleştirilmiş bir parametrik rüzgâr modeli yerleştirilmiştir. Rüzgâr modelinin girdi parametreleri, fırtına izinden (merkezin bulunduğu yerin enlem ve boylamı), maksimum rüzgâr yarıçapından ve fırtınanın çevresel ve merkezi basınçları (basınç düşüşü) arasındaki farktan oluşur. Rüzgâr kaynaklı zorlama, SLOSH'a rüzgâr baskısı olarak dahil edilmiştir. SLOSH ızgaraları, belirli kıyı şeridi geometrileri için özelleştirilebilen farklı şekillere (hiperbolik, eliptik veya kutupsal) sahiptir (Talea & Lin 2022).

ABD'nin doğu kıyısını, Meksika Körfezi'ni, Bahamalar'ı, Porto Riko'yu ve Virgin Adaları'nı kapsayan 37 operasyonel SLOSH havzası vardır. Ölçümler genel olarak buralardan alınmaktadır. Her bir SLOSH hücresinin derinliğini/yüksekliğini elde etmek için tüm topografik verilere tek bir dikey veriye başvurulmalı ve ortalaması alınmalıdır. Arazi örtüsü sınıflandırmaları, 30 m uzamsal çözünürlüklü Ulusal Arazi Örtüsü Veritabanından (NLCD) türetilmiştir. SLOSH havuzları, bariyerler, boşluklar, geçişler, bariyerlerin, yolların ve setlerin aşılması yoluyla akışın simülasyonunu sağlayan alt şebeke ölçeğinde özellikler içerir (Chao & Ghansah & Grant, 2021).

Otomatik, olayla tetiklenen, fırtına dalgalanması tahmin sistemi, yoğun emek gerektiren görevleri ortadan kaldırarak, fırtına parametrelerini daha doğru bir şekilde hesaplayarak ve insan girdi hatasını önleyerek tahminci iş akışlarını hızlandırmak için 2010 yılında geliştirilmiştir. Bu sistem SLOSH modelini çalıştırır ve tüm operasyonel simülasyonlar için tutarlı bir şekilde belirlenir.

AutoSurge, Storm Surge Uzmanlarına dahili rehberlik sağlamak için SLOSH model çıktısından geniş bir ürün yelpazesini otomatik olarak oluşturur (Han & Mozumder, 2021).

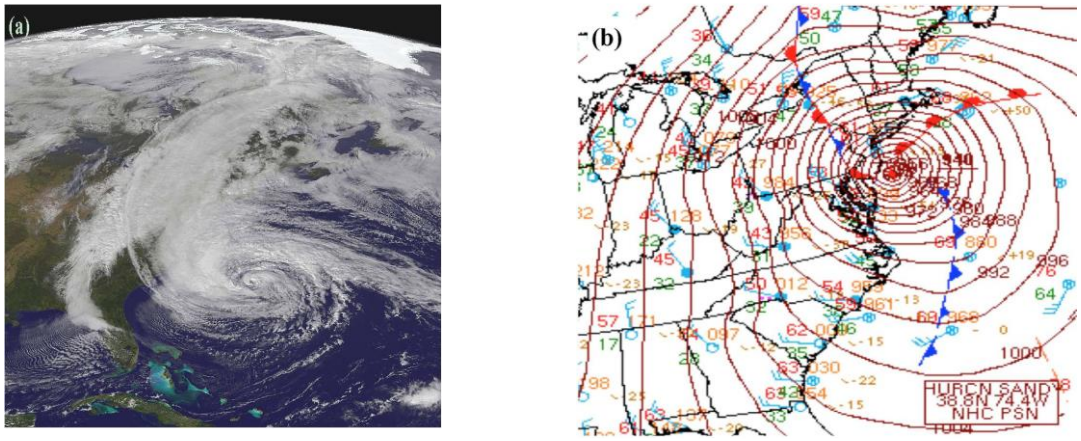
Atlantik Okyanusu, Karayip Denizi veya Meksika Körfezi'nde müteakip 48 saat içinde tropikal bir siklona dönüşme potansiyeli olan bir tropikal sıkıntı tespit edilir edilmez AutoSurge, SLOSH modelini kullanarak fırtına dalgalanması tahmin simülasyonları oluşturmaya başlar. Sistem NHC'deki Fırtına Dalgalanma Uzmanlarını uyarır ve e-posta yoluyla elde etmeye başladığı verileri gönderir. Gönderilen veriler dahili bir web sitesinde hem tablo hem de grafik biçimine dönüştürülür. Fırtına merkezinin enlem ve boylamını, yoğunluğunu (maksimum sürekli 1 dakikalık rüzgâr hızı), basınç düşüşünü ve NHC'nin Best Track operasyonel verilerinden maksimum rüzgarların yarıçapını ve tüm model bilgilerinden parametreleri içeren fırtına izi bilgileri kullanılarak tahminler yapılır. Yapılan tahminler NHC'deki Kasırga Uzmanları tarafından kullanılabilir. SLOSH parametrik rüzgâr modeli, SLOSH rüzgâr formülasyonundaki parametrelerin model kılavuzundakilerle tutarlı olmasını sağlamak için kullanılır. SLOSH dalgalanma simülasyonları 2012'de Sandy Kasırgası için operasyonel olarak çalıştırılmıştır. Şekil 1, NHC'nin Kasırga Uzmanları tarafından, karaya düşmeden 48 saat önce Sandy Kasırgasının izini belirlemek için kılavuz olarak kullanılan bir örneği göstermektedir. Çeşitli yoğunluklara, boyutlara ve fırtına merkezi konumlarına sahip model izlerinde geniş bir yayılımı gösterir. Bu kılavuz, topluluk SLOSH simülasyonlarını çalıştırmak için kullanılır (Zhanga & Durgana & Lagomasino, 2019).



Şekil 1. NHC'deki Kasırga Uzmanları tarafından Sandy Kasırgasını tahmin etmek için kullanılan örnek model izi

Şekil 1'de verilen şekilde; çeşitli rüzgâr yoğunlukları, boyutları ve ray konumları ile model raylardaki geniş yayılımı gösterir. Bu meteorolojik kılavuz, SLOSH topluluğu fırtına dalgalanma simülasyonlarını çalıştırmaya zorlamak için kullanılır. 2012 yılında Sandy Kasırgası için yapılan çalışma kapsamındaki doğrulama analizleri, fırtına dalgalanması tahmin modelinin kasırga tarafından karaya sürülen suyun yüksekliğini, zamanlamasını, evrimini ve kapsamını yüksek derecede bir doğrulukla simüle edebildiğini göstermektedir. 37 harmonik bileşenli astronomik gelgitlerin dahil edilmesi de dahil olmak üzere 2013 yılında sayısal modelde yapılan yükseltmeler, tahmin doğruluğunu artırmıştır. Bu durum tahmin yapan uzmanların toplam su seviyesini, taşkın zamanlamasını ve meydana gelebilecek afetin kapsamını daha iyi tahmin etmelerini sağlamıştır. Ek olarak, modelin hava durumlarındaki aşırılık durumunu hesaplama verimliliği, tropik siklon tahminlerinde meydana gelebilecek atmosferik zorlamadaki yüksek değişkenliği hesaba katmak için gerçek zamanlı olarak otomatik tahmin özelliğini çalıştırmasını sağlar. Bu da sistemin halkı uyarmak için tasarlanmış olmasını sağlar (Han & Mozumder, 2021). Sandy Kasırgası, 11 Ekim 2012'de

Afrika'nın batı kıyılarında tropikal bir dalga olarak başlamıştır. Batı Karayipler'de, Jamaika adasının güneyinde, düşük rüzgâr kesme, ılık su ve geniş bir alçak bölgede oluştu. Fırtına, Saffir-Simpson kasırga rüzgâr ölçeğinde kategori 1 kasırga olarak Kingston, Jamaika yakınlarına ilk inişini yaptı. 185 kph (115 mph, 100 kts) zirve yoğunluğuna ulaştı ve Küba'ya ikinci inişini 25 Ekim'de 05:25 sularında kategori 3 kasırga olarak yaptı. Meydana getirdiği yıkım son derece şiddetli olmuştur. 17.000 ev yoğun kıyı sel ve şiddetli rüzgarlar nedeniyle hasar görmüştür. Guantanamo'nun hemen batısındaki Gran Piedra'da anemometre rüzgâr hızını ve 265 kph'yi (165 mph) ölçmeyi bırakmadan önce, rüzgarlar Santiago de Cuba'da 177 km/s (110 mph) hıza ulaşmıştır. Sandy Kasırgası daha sonra zayıflamış ve boyut olarak genişlemeye başlamıştır. Bahamalar üzerinde 185 km'den (100 nm) daha büyük bir maksimum rüzgâr yarıçapına ulaşmıştır. Kuzeybatı Atlantik ülkelerine doğru dönerken ılık Gulf Stream suları üzerinde yeniden yoğunlaşmıştır. Kuzey Atlantik üzerinde anormal bir blokaj, Sandy'nin denize açılmasını engellerken, güneydoğu ABD'de erken bir kış fırtınasıyla bağlantılı baroklinik bir çukur derinleşmiştir. Bu, fırtınanın ilerleme hızını 37 kph'ye (20 kts) çıkarmış ve yönünü kuzeybatıya çevirmiştir. Burada soğuk suyla karşılaşmış ve Atlantic City, NJ'nin 83 km (45 nm) güneydoğusunda, fırtınasından 2,5 saat önce ekstratropikal bir siklona geçmiştir. Sahile kategori 1 kasırga olarak yaklaşmış ve 29 Ekim 2012 Pazartesi 23:30 UTC'de, Brigantine, NJ (Atlantic City'nin kuzeydoğusu) yakınlarında, maksimum 130 kph (80 mil/saat) sürekli rüzgarla tropikal bir siklon olarak karaya ulaşmıştır. Şekil 2'de kasırgadan yaklaşık bir gün önce hava durumunun doğal renkli uydu görüntüsü ve karadan yaklaşık iki buçuk saat önce yüzey hava durumu çizelgesi verilmiştir.



Şekil 2. (a) 28 Ekim 2012 saat 17:45'te doğal renkli uydu görüntüsü; (b) 21 UTC 29 Ekim 2012'de, karadan yaklaşık iki buçuk saat önce yüzey hava durumu çizelgesi

Slosh Modelinin Fırtına Tahmin Süreci

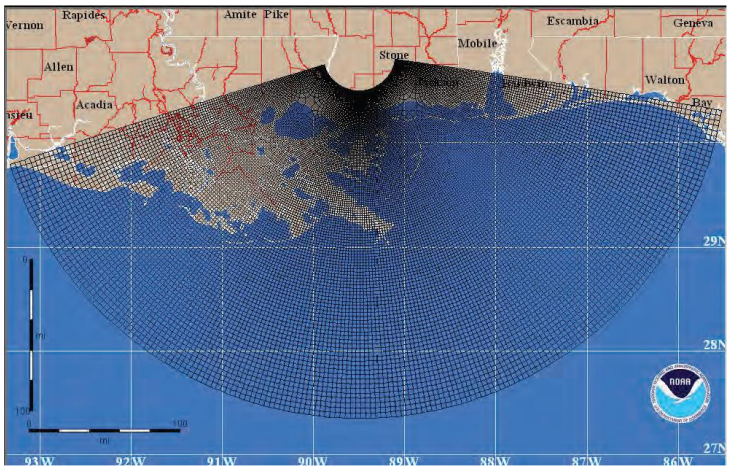
Kasırgaların neden olduğu fırtına dalgası, Amerika Birleşik Devletleri'nin ve diğer bazı ülkelerin kıyı topluluklarını etkileyen en yıkıcı doğal olaylardan biridir (Zhanga & Durgana & Lagomasino, 2019). Neredeyse her yıl, bir veya daha fazla kasırga, Meksika Körfezi'ne veya Atlantik kıyılarına çarpmaktadır. Yapılara ve ekosistemlere verilen tahribatın çoğu, rüzgârın neden olduğu su dalgalanmalarından kaynaklanmaktadır. Büyük dalgalanma yüksek gelgitte meydana gelirse hasar daha da kötüleşmektedir. Sel baskınlarının doğru tahmini halka büyük fayda sağlar ve farklı yoğunluk, yol ve büyüklükteki fırtınalardan kaynaklanan potansiyel sel, uzun menzilli tahliye ve arazi kullanım planlaması, sigorta oranlarının belirlenmesi vb. için çok faydalıdır. Ulusal Hava Servisi'nin (NWS) Meteorolojik Geliştirme Laboratuvarı (MDL), otuz yılı aşkın bir süredir fırtına dalgalanmaları için rehberlik tahminleri sağlamaktadır. Kasırgalardan Deniz, Göl ve Kara Dalgaları için SLOSH olarak adlandırılan fırtına dalgası modeli, 1960'ların sonlarında ve 1970'lerin başlarında geliştirilen önceki modellerden türetilmiştir. Chester Jelesnianski böyle bir modelin potansiyel

faydasını fark etti ve geliştirdiği modeli 1992'de kapsamlı bir Ulusal Oşinografi ve Atmosfer İdaresi (NOAA) Teknik Raporunda yayınlattı (Talea & Lin 2022).

CJ'ye göre, "SLOSH modelinden elde edilen çıktılar, başlangıçta Ulusal Hava Hizmetleri'nin (NWS) Ulusal Kasırga Merkezi'ndeki (NHC) tahmincilere tahmin bültenlerini hazırlamalarında yardımcı olmayı amaçlıyordu. Daha yakın zamanlarda, model, kasırga fırtına dalgalanma seline duyarlı kıyı alanlarını tasvir etmek için kullanıldı. Kısa süre sonra, modelin geliştirilmesi sırasında, fırtına dalgalanmasını tahmin etmedeki ana hataların, modelin kendi hatasından ziyade fırtına parametrelerinde- iz, büyüklük ve yoğunluk olduğu ortaya çıktı. Toplulukların bir kasırgaya hazırlanmak ve/veya tahliye etmek için birçok saate, hatta güne ihtiyacı vardır. NHC'nin tahminleri gerçek zamanlı tahmin için SLOSH modeli için girdi parametreleri olarak kullanılsada, model aynı zamanda farklı fırtına izi, büyüklük ve yoğunluk kombinasyonları için ABD Körfezi ve Doğu kıyıları için potansiyel sel tahmininde de kullanılmıştır. Bu çıktının NHC'de ve NWS Hava Tahmin Ofislerinde (WFO) çok faydalı olduğu kanıtlanmıştır (Chao & Ghansah & Grant, 2021).

CJ'ye göre SLOSH model operasyonel olarak kullanılmalıydı. Bu nedenle çeşitli gerekli girdilerin ya mevcut olması, varsayılması ya da parametrelendirilmesi gerekiyordu. Tabii ki, en önemli şey, dalgalanmayı sürdürecek rüzgardır. Bu nedenle bir "rüzgâr modeli" gerekliydi. Bu tür rüzgarlar, büyük ölçekli dinamik bir atmosferik modelden gelebilir, ancak NHC'leri değil, bu modelin kasırga tahminini temsil edeceklerdir. Bu nedenle, CJ, NHC tarafından rutin olarak yapılan tahminlerle yönlendirilebilecek basitleştirilmiş bir parametrik rüzgâr modeli kullanmayı seçti. Rüzgâr modeli için girdi parametreleri, fırtına izi, maksimum rüzgâr yarıçapı ve fırtınanın merkezi basıncı ile ortam (veya çevresel) basınç arasındaki basınç farkıdır. Fırtına izi ve yoğunluğu, resmi NHC tavsiyesinden elde edilir. Maksimum rüzgarların ilk yarıçapı, uçaklar, gemiler, şamandıralar, uydular ve radar dahil olmak üzere mevcut gözlemlerden tahmin edilir. İlk basınç farkı, resmi NHC tavsiyesinde sağlanan rüzgâr bilgilerinden elde edilir. Tahmini basınç farklılıkları ve maksimum rüzgâr yarıçapları, NHC'nin fırtına dalgalanma uzmanları tarafından tahmin edilmektedir. Ortaya çıkan model rüzgâr alanı, kasırganın altındaki su üzerinde itici güçler olarak hareket eden yüzey gerilimleri üretir (Han & Mozumder, 2021).

SLOSH'da kullanılan taşıma denklemleri Platzman tarafından türetilmiş ve Jelesnianski tarafından bir alt kayma katsayısı ile modifiye edilmiştir. Denklemler deniz tabanından yüzeye entegre edilmiştir. SLOSH tarafından kullanılan hidrodinamik denklemlerdeki adveksiyon terimleri göz ardı edilir ve Coriolis terimi genellikle göller ve iç sular için kullanılmaz, ancak büyük genlikli dalgalanmalar veya su baskını geniş bir alanı kaplıyorsa korunur. Bir kasırgayı çevreleyen rüzgarları tahmin etmenin zorluğunun bir sonucu olarak, havada sabit bir sürtünme katsayısı ve suda sabit bir girdap stres katsayısı kullanılır. En iyi sonuçlar için, SLOSH için kullanılan bir ızgara üzerindeki hareket denklemlerinin sonlu fark çözümü, kıyı şeridinin yakınında ve özellikle suyun bir körfeze akıtılabileceği yerlerde iyi çözünürlük gerektirir. Şebekenin ayrıca kıyıdan biraz uzağa uzanması gerekir ve şebeke çözünürlüğü her yerde aynıysa, çok büyük miktarda bilgisayar zamanı gerekli olacaktır. Model geliştirilirken bu yasaklayıcı olurdu. Bugünün bilgisayarlarında bile, çözünürlüğün tüm şebekede aynı olması gerekmemektedir. Model, havza adı verilen belirli kıyı bölgelerine uygulanır. Havzaya bağlı olarak, polar veya eliptik/hiperbolik ızgara tipi seçilir. CJ, daha az hücreye sahip olmanın hesaplama süresi gereksinimi ile ilgilenilen alanın yakınında hassas çözünürlük gereksinimini dengelemek için ızgara aralığını seçmiştir. Sonuç olarak, üzerinde çalışılan riskli alanın yakınında iyi olan ve açık okyanusa doğru giderek artan bir ızgaraydı. Bu ızgara seçimi, koylarda ve yakın kıyı şeritlerinde yüksek çözünürlüğe ve detayın önemli olmadığı derin sularda azalan bir çözünürlüğe izin vermiştir. Örneğin, New Orleans için kullanılan ızgara Şekil 3'te gösterilmiştir (Glahn & ark., 2009).



Şekil 3. SLOSH model oluşturulurken New Orleans için kullanılan ızgara

Hassas kıyı şeridinin belirli bir alanını modellemek için SLOSH sistemine doğru topografik veriler girmek gerekmektedir. Topografik veriler ABD Jeolojik Araştırmasından (USGS) elde edilir, mevcut olduğunda Işık Algılama ve Menzil (LiDAR) yükseklikleri ile güçlendirilir ve batimetrik veriler NOAA'nın Ulusal Jeofizik Veri Merkezi'nden (NGDC) elde edilir. Daha sonra bu verilerin ortalaması alınarak ızgara hücresi başına bir değer elde edilir. Ardından, bariyerler (bir ızgara hücre genişliğinden daha küçük olan) gibi alt ızgara ölçeği özellikleri eklenir. Son olarak, hücredeki ortalama arazi tipine bağlı olarak yüzey rüzgarlarının gücünü engelleyen yüzey tipleri eklenir. Suyun arazi üzerindeki yönlendirmesi, kutular veya hücrelerden oluşan ızgara ile modellenir. Su bir hücreye dolarsa, bitişik bir hücreyi doldurma potansiyeline sahiptir. Bir anlamda, bu büyük bir basitleştirmedir, çünkü hücreler kilometrelerce büyüklüktedir ve gerçek arazi, neredeyse tasarlanan herhangi bir boyuttaki bir ızgara ile temsil edilebilecekten çok daha değişkendir. Bununla birlikte, büyük engellere ve ızgara boyutu standartlarına göre kanallar ve nehirler gibi kesikler için özel işlem uygulanır. Atmosferik modelleyicilerin çok iyi bildiği gibi, kara/hava/deniz ara yüzlerinin çok yakınında iyi sonuçlarla modelleme yapmak çok zordur (Zhanga & Durgana & Lagomasino, 2019).

Bir dalgalanma modelinin doğrulamasını yapmak kolay değildir. İlk olarak, bir kasırganın detaylı parametrelerinin mevcut olduğu durumların sayısı oldukça sınırlıdır. Bu durumlarda bile, su ölçümleri çok seyrektir ve daha yüksek su alanlarında kümelenme eğilimi gösterir. Bu nedenle düşük veya orta düzeyde sel genellikle yeterince ölçülemez. Ayrıca, mevcut yüksek su işareti ölçümleri çeşitli hatalara ve belirsizliklere eğilimlidir. SLOSH gelgitleri veya dalgaları tahmin etmez, ancak su işaretleri çoğu zaman her ikisinden de etkilenir. Yüksek su işaretleri, aralarında bir milden daha az olan iki konum için genellikle yüzde 20 oranında değişir. NWS'deki tahminciler, kasırganın ne zaman karaya vuracağına ilişkin değerlendirmelerine bağlı olarak gelgiti ekleyebilmek için modele gelgitleri dahil etmemeyi tercih etmişlerdir. Ek olarak, model, yağış veya tatlı su nehir akışından kaynaklanan taşkınları hesaplamaz.

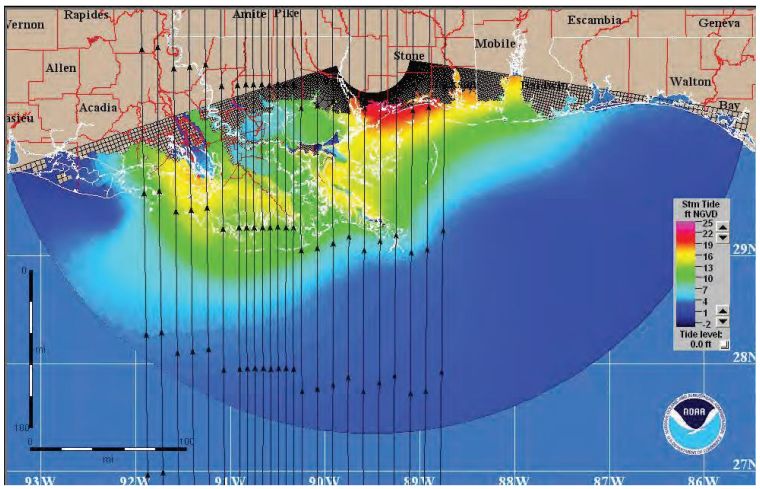
Kıyı bölgesini tehdit edecek bir kasırga riski doğduğunda, kasırga tahmincileri tarafından sağlanan parametreler kullanılarak SLOSH model çalıştırılır. Gereken parametreler; fırtınanın konumu, maksimum rüzgarların yarıçapı ve merkezi basınç ile çevresel basınç arasındaki basınç farkıdır. Tahmin yolu, SLOSH'un hangi havza veya havzalar için çalıştırılacağını belirlemek için kullanılır.

Bu operasyonel çalışmadan elde edilen çıkış dataları, bir dosya aktarım protokolü sitesi aracılığıyla tahmin ve acil durum yönetimi topluluklarına sunulur. Sunulan bu bilgiler, her ızgara hücresinde elde edilen maksimum tahmini fırtına dalgalanmasını ve fırtına dalgalanmasının bir animasyonunu içerir. Bu veriler daha sonra yetkililer tarafından tavsiyelerinde, uzmanlar tarafından kasırga yerel açıklamalarında ve medyaya verilen bilgilendirmelerde kullanılırlar. Katrina kasırgası

karaya yaklaşırken, SLOSH modelinin tahminleri, mükemmel tahmin performansına yardımcı olmuştur.

SLOSH modeli, yetkililer tarafından kasırga tahliye planlamasının "tehlike analizi" kısmına yardımcı olacak simülasyon çalışmalarını oluşturmak için kullanılır. Farklı kategori kombinasyonlarına sahip binlerce kasırga, ilerleme hızları, rota yönleri ve iniş konumları, her havza için fırtına kabarmasını hesaplamak için simüle edilir. Kasırga tahliye planlayıcılarının erişmesi ve görüntülemesi için yönetilebilir bir veri seti sağlamak amacıyla Maximum Envelope of Water, Maksimum Su Zarfı (MEOW) ve Maximum of the MEOWs (MOM) olmak üzere iki bileşik ürün oluşturulmuştur; bunlar aynı zamanda tek bir deterministik çalıştırma kullanmanın zorluğunun kısmen üstesinden gelmek için gerçek zamanlı işlemlerde de kullanılır (Forbes & ark., 2014).

Bir zarf, varsayımsal bir fırtına için SLOSH havzasındaki her ızgara hücresindeki dalgalanmanın maksimum yüksekliğini ifade eder. SLOSH birçok varsayımsal kasırga için paralel yollara sahip bir havzada çalıştırılır ve aksi takdirde zarflar oluşturmak için aynı girdi parametreleri kullanılır. Bu SLOSH model koşularının bileşiminden bir MEOW oluşturulur. Hangi bireysel fırtına simülasyonunun değeri ürettiğinden bağımsız olarak, belirli bir fırtına kategorisi, ileri hız ve hareket yönü için her bir ızgara konumundaki en yüksek dalgalanma değerleri kümesidir. NHC, her fırtına kategorisi, fırtına yönü, ileri hız ve gelgit seviyesi için bir MEOW üretir. Bir MEOW örneği Şekil 4'te gösterilmektedir. Bu ürün daha sonra belirli bir kategorideki bir kasırga için potansiyel sel, gelgit seviyesi ve genel iz yönü ve hızını gösterir. Tahminciler karanın tam yerini tahmin edemedikleri için, MEOW'lara olası sel baskınlarını belirtmek için güvenilir. NHC tropikal siklon tavsiyelerinde ve WFO kasırga yerel bildirimlerinde yer alan fırtına kabarması tahminleri kısmen SLOSH MEOW'larına dayanmaktadır (Talea & Lin 2022).



Şekil 4. Oluşturulan MEOW Örneği

Bir MOM, belirli bir kategorideki tüm simüle edilmiş kasırgalar için maksimum fırtına dalgalanma yüksekliklerinin bir bileşimidir. MOM, karaya yaklaşma yönü ve hızından bağımsız olarak, belirli bir kasırga kategorisi için olası sel baskını gösterir. Bu ürün, tahliye planlayıcıları tarafından tahliye rotalarını belirlemek ve acil durum yöneticileri tarafından erken kararlar vermek için kullanılabilir. MOM'lar ve MEOW'lar, set yükseklikleri ve su yolları dahil olmak üzere mevcut en iyi topografik verilerle oluşturulur.

Rüzgâr ve dalgalar gibi kasırgalarla ilişkili faktörlerin etkisini dikkate alan yapılar için tasarım kriterlerine ihtiyaç vardır. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) bu sorunla başa çıkmak için bir metodoloji geliştirmek için çalışmalar yapmaktadır. Metodoloji, ilgilenilen bölgeyi etkileyen kasırga fırtına izlerini, rüzgâr hızı ve dalgalanma zaman geçmişlerinin hidrodinamik simülasyonunu,

ortak rüzgâr hızı ve dalgalanması hakkında olasılıklı bilgi üretimini ve riskle tutarlı yapısal tasarımı içermektedir. NOAA'nın Kasırga Araştırma Bölümü (HRD), Florida'yı etkileyebilecek 55 yıllık bir süre boyunca kasırgaları simüle etti ve bu kasırgalara SLOSH uyguladı. Bu veriler, rüzgâr ve dalgalanmanın bir fonksiyonu olarak tasarım kriterlerinin geliştirilmesi için bir prosedür geliştirmek üzere işlendi. Bu süreç, tüm kıyı alanları için tasarım kriterleri geliştirmek için kullanılmaktadır (Jelesnianski & Chen & Shaffer, 1992).

Tropikal bir siklonun izi, yoğunluğu ve boyutu her zaman doğru bir şekilde tahmin edilemez. Örneğin, bir kasırga ya da fırtınanın sahile ulaşmadan önceki son 12 ila 24 saat boyunca bile etkileyeceği konum belirlenirken onlarca mil hatalı olabilir. Bu yüzden SLOSH dalgalanma tahminlerini yanlış sonuçlar verebilir. Bunları niceliklendirerek bu hataların üstesinden gelmeye yardımcı olmak için, olasılıksal fırtına dalgalanması (P-dalgalanma) tahminleri üretilmektedir. Yalnızca tek bir SLOSH çalışmasından fırtına dalgalanmasını tahmin etmek yerine, her üye NHC'nin tahminine ve NHC'nin tahminleriyle ilişkili geçmiş hatalara dayalı olarak bir SLOSH tahminleri topluluğu yapılmaktadır. NHC'nin son birkaç yıldaki tahminlerinin ortalama yol boyunca maksimum rüzgâr hızı (veya yoğunluğu) hataları çıkarılabilir. Ortalama hataları bir normal dağılım varsayımıyla birleştirerek, yol boyunca, yol boyunca ve maksimum rüzgâr hızı hata dağılımlarını oluşturulabilir. Maksimum rüzgarların yarıçapı ve tahmin basıncı NHC tahmininde bulunmadığından, maksimum rüzgâr hata dağılımının yarıçapını tahmin etmek için SLOSH parametrik rüzgâr modelini kullanılır. Yol boyu, maksimum rüzgâr hızı ve maksimum rüzgâr yarıçapı parametrelerinin her biri için 0.15, 0.5 ve 0.85 sigma değerleri örneklenerek hata dağılımlarından üç temsili fırtına seçilir. Seçilen fırtınaların çapraz yol değişimi daha ayrıntılı olarak modellenir ve tahmini kara düşüşünden 48 saat önce maksimum rüzgarların tahmin yarıçapının bir fonksiyonu olarak kabul edilir. Kombinasyonların her biri bir SLOSH model çalışması için kullanılır. Her SLOSH çalışmasındaki her hücre için, su seviyesi belirli bir yüksekliği aşarsa, o belirli fırtına parametreleri kombinasyonunun olasılığından belirlenen bir ağırlık toplanır. Topluluk sayısına bölünen ağırlıkların toplamı, o havza, fırtına ve hücre için belirli yüksekliği aşma olasılığını verir. Her havza için, yakın geçmişteki her kasırga, bir akış dağılımı ile simüle edilir. Son olarak, tüm kasırgalar ve tüm havzalar için sonuçların ortalaması alınır ve elde edilen göreli frekanslar, doğrulama amacıyla gözlemlenen dalgalanma yükseklikleriyle eşleştirilir. P-dalgalanma modeli 2008'den beri kullanılmaktadır (Zlatanova & ark., 2013).

Sonuç

SLOSH modelinin acil durum yönetimi yetkilileri için fırtına dalgalanmasını gerçek zamanlı olarak tahmin etme konusunda ne kadar güvenilir ve değerli bir araç olduğu kanıtlanmıştır. Ulusal Hava Merkezi (NHC) yetkililerinin fırtına dalgalanma tahminlerinde ince ayar yapmalarına yardımcı olur. Katrina kasırgası sırasında SLOSH model kullanılarak yapılan tahminler oldukça doğru veriler sağlamıştır. SLOSH model simülasyonlarından kaynaklanan MEOW'ler ve MOM'lar, yerel acil durum yöneticileri tarafından yaygın olarak kullanılır ve ilgili kişilere kasırga tahliye planlaması yapma konusunda kapsamlı veri sağlar. SLOSH şu anda kasırga rüzgarları ve dalgalanma ile ilgili yapı tasarım kriterlerini oluşturmak için yöntemler geliştirmek için kullanılmaktadır. SLOSH model her geçen gün daha da geliştirilmektedir. P-dalgalanma tahminleri, tahliye çabalarını koordine etmede yardımcı olmak için acil durum yöneticilerine potansiyel olarak faydalı olmaktadır. Olasılıksal tahminlerin güvenilirliği, doğrulama verilerinin yetersizliğinden dolayı tam olarak oluşturulmamıştır. Modelin her geçen gün daha da iyi kalibre edilmesiyle bu sorunun da üstesinden gelinmektedir.

KAYNAKÇA

Chao, S., Ghansah, B., Grant R. (2021). An exploratory model to characterize the vulnerability of coastal buildings to storm surge flooding in Miami-Dade County, Florida. *Applied Geography, 128,* 102413.

Forbes, C., Rhome, J., Mattocks, C., Taylor, A. (2014). Predicting the Storm Surge Threat of Hurricane Sandy with the National Weather Service SLOSH Model. *Journal of Marine Science and Engineering, 2,* 437-476.

Glahn, B., Taylor, A., Kurkowski, N., Shaffer, W. (2009). The role of the SLOSH model in National Weather Service storm surge forecasting. *National Weather Digest, 33* (1), 3–14.

Han, Y., Mozumder, P. (2021). Building-level adaptation analysis under uncertain sea-level rise. *Climate Risk Management, 32,* 100305.

Jelesnianski, C., Chen, J., Shaffer, A. (1992). SLOSH: Sea, Lake, and Overland Surges from Hurricanes. *ABD: Springer Publisher.*

Kawasaki, A., Berman, M., Guan, W. (2013). The growing role of web-based geospatial technology in disaster response and support. *Disasters, 7* (2), 201–221.

Lee, D., Cho, M., Choi, H. Tahk, M. (2018). A Study on the Micro Gravity Sloshing Modeling of Propellan, *Transportation Research Procedia, 29*, 213–221.

Nelson, E., Greenough, P. (2016). Geographic Information Systems in Crises. *Ciottone's Disaster Medicine, 12*(3), 312-316.

Talea, L., N. Lin. (2022). Climate change impacts to the coastal flood hazard in the northeastern United States. *Weather and Climate Extremes, 36,* 100453.

Turan, C., Kinfu, Y., Samad, M., Farhadzadeh, A. (2018). Comparison of ADCIRC and SLOSH Model Simulations for Hurricanes Andrew and Irma near Miami. *World Environmental and Water Resources Congress,* 24-26 May 2018, Florida, ABD.

Wilson, J., Little, R., Novick, L. (2013). Estimating medically fragile population in storm surge zones: a geographic information system application. *Journal of Emergency Management, 11*(1), 9–24.

Zhanga, C., Durgana, S., Lagomasino, D. (2019). Modeling risk of mangroves to tropical cyclones: A case study of Hurricane Irma. Estuarine, *Coastal and Shelf Science, 224,* 108-116.

Zlatanova, S., Peters, R., Dilo, A., Scholten, H. (2013). Intelligent Systems for Crisis Management: Geo-information for Disaster Management. *Berlin: Springer-Verlag Publisher.*

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Afet Yönetiminde Kullanımı Üzerine Bir Değerlendirme

Samet TOSUN[1]

GİRİŞ

Her yıl dünya çapında binlerce insan doğal afetler nedeniyle hayatını ve malını kaybetmektedir. Afet yönetimi ve planlamasının temel amacı ve sorumluluğu, afetlerdeki can ve mal kayıplarını korumaktır. Personel kayıplarını azaltmak ve halkı teknolojik, doğal ve insan kaynaklı afetlerden korumak, bu süreçte afete hazırlık, müdahale, koruma, kurtarma ve imha, afetin azaltılması gibi bölümleri içeren risk tabanlı entegre afet ve acil durum yönetim sistemi insanlara yol göstermeli ve desteklemelidir. Günümüzdeki modern afet yönetimi, afete hazırlıklı olmayla beraber afetlerin önüne geçmeyi de ön plana çıkarmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemi ağırlıklı olarak afet yönetimi ve planlaması için kullanılmaktadır. Coğrafi bilgi sistemlerinin ve uzaktan algılama teknolojisinin özellikle deprem, sel, heyelan, yanardağ, fırtına ve doğal kaynaklı yangınlarda kullanımı, bu doğa olaylarının yerini, gözlemini ve etkisinin belirlenmesini kapsamakla kalmayıp birçok alanı da bünyesinde barındırmaktadır. Afet araştırmalarında CBS teknolojisinin etkin kullanımı, temel olarak hangi amaca hizmet edeceğinin ve kullanım şekillerinin belirlenmesine bağlıdır. Bu sebeple ilk olarak çağdaş ve etkin bir afet yönetim ve planlama sisteminin ve bileşenlerinin ne olacağının kesin olarak tespit edilmesi gerekmektedir (Demirci & Karakuyu, 2004).

Ülkemizde ve dünyada afetlerin zararlı sonuçlarını en düşük seviyeye indirmek için birçok yöntem geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemlerin en önemlisi ise bölgelerin afet tehlikesi durumunu tespit etmek ve mevcut planları bu risklere göre yapmaktır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), güvenilirliği, hızı ve kullanım kolaylığı nedeniyle afet kayıplarını azaltmada tercih edilen bir araç olduğu görülmektedir. Afet yönetimi çok aşamalı ve çok düzeyli bir süreçtir. Çok katmanlıdır; çünkü uluslararası kuruluşlar, ülkeler, yerel yönetimler, üniversiteler, ticaret meslek odaları, sivil toplum kuruluşları, şirketler ve bireyler bu sürecin bazı yönlerinde yer almaktadır. Çok aşamalıdır; çünkü önleme ve azaltma, hazırlık, tahmin ve erken uyarı, kurtarma ve ilk yardım, kurtarma ve yeniden yapılandırma gibi ara süreçlere sahiptir. Bu katmanlar, afet aşamasında afetleri önlemek için coğrafi bilgi sistemlerini kullanır. Bu çalışmada CBS nin afet yönetimindeki kullanımına, faydalarına, aksayan yönlerine değinilmiştir.

Afet Nedir

Teknoloji, doğal veya insan kaynaklı bir olayın, toplumsal yaşamın kesintiye uğraması sonucu meydana gelen maddi, sosyal, çevresel ve ekonomik kayıpların neden olduğu ve toplumun kendi imkân ve kaynaklarıyla üstesinden gelemediği, yani afet olayın kendisi değil sonucu olarak tanımlanır. Afetin şiddeti, meydana gelen yaralanmalar, mal ve can kayıpları, hasarlı yapılar ve sosyal, çevresel ve ekonomik kayıpların sayısı ile ölçülür. Afetin şiddetini belirleyen başlıca faktörler, olayın fiziki boyutu, olay ile yoğun yerleşim yeri arasındaki mesafe, yoksulluk, hızlı nüfus artışı, az gelişmişlik, hızlı ve kontrolsüz kentleşme, potansiyel olarak tehlikeli alanların sanayileşmesi ve doğal

[1] Samet TOSUN, Öğr. Gör., Doktora Öğrencisi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0002-5454-3057

çevrelerin tahribatı, cehalet ve eğitimdeki eksiklikler, toplumun afet olaylarına tepkisi, önceden alınabilecek koruma, önleme ve risk azaltma önlemlerinin düzeyi olarak sınıflandırılabilir (Kadıoğlu, 2008).

Afet Türleri

Afetler; neden olduğu kayıp ve hasar ve kökenine, meydana geliş hızlarına göre üçe ayrılabilir. Meydana geliş hızına göre ise iki grupta incelenir; ani afetler ve yavaş meydana gelen afetler. Afetler neden olunan kayıp ve hasara göre üç grupta incelenir; düşük, orta ve yüksek. Kökenlerine göre ise; jeoloji ve tektonik afetler, teknik ve insan kaynaklı afetler ve meteorolojik afetler olmak üzere üç gruba ayrılır.

Literatürde afetler için çok fazla sınıflandırma yapılmış olup örneğin afetler; jeolojik ve jeomorfolojik afetler (depremler, tsunamiler, volkanik patlamalar, çeşitli kütle hareketleri), iklim ve meteorolojik afetler (sel, aşırı sıcak ve soğuk, hava kirliliği, aşırı kar, etkili rüzgâr, kuraklık, hortumlar, kasırgalar, sis, yıldırım düşmesi, çığ, dolu, buzlanma ve don, asit yağmuru, El Nino, eriyen buzullar, küresel ısınma ve iklim değişikliği), hidrografik afetler (akarsu taşkınları, akarsu kirliliği, barajlar (Sel) ve yıkım, göl suyu kirliliği), biyolojik afetler (erozyon, orman yangınları, hayvan kaynaklı salgın hastalıklar, böcek istilası, çekirge istilası), sosyal afetler (açlık, kıtlık, kalabalık yerler, yangınlar, bulaşıcı hastalıklar ve salgın hastalıklar, soykırımlar ve savaşlar, göç, terör saldırıları) ve teknolojik afetler (petrol tankeri kazaları, maden kazaları, endüstriyel kazalar, nükleer kazalar, demiryolu, karayolu, denizyolu, havayolu ulaşımındaki kazalar, uzay kazaları, NBC silahlarının kullanılması) olmak üzere altılı bir ayrıma tabi tutulabilir (Günay, 2002).

Afet Yönetimi

Afetleri önlemek ve azaltmak, afet olaylarına zamanında, hızlı ve etkin müdahale etmek, insanlar için daha güvenilir ve gelişme kaydetmiş yeni bir yaşam ortamı yaratmak için tüm toplum tarafından yürütülmesi gereken toplu bir mücadelenin sürecidir. Afetlerin önlenilmesi ve afet kayıplarının azaltılması için afetin öncesi, afetin sırası ve sonrasında alınacak önlemler ile bu önlemlerin planlanması, yönlendirilmesi, koordinasyonu, desteklenmesi ve etkili bir biçimde uygulanması tüm kurum ve kuruluşlarla koordine edilecek, tesislerin ve kaynakların kullanımı belirlenen stratejik hedef ve öncelikler doğrultusunda olacaktır. Afet yönetimi çok disiplinli, çok yönlü, çok katılımcılı, karmaşık ve dinamik bir yönetim sürecidir. Türkiye Cumhuriyeti'nde afet yönetimi sürecinde, merkez ve taşra afet yönetim teşkilatlarında 5902 Sayılı Kanuna göre değişiklikler yapılmıştır (Kadıoğlu, 2008).

Kanuna göre, Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, İçişleri Bakanlığı Sivil Savunma Müdürlüğü ve Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Müdürlüğü kapatılarak yerine Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurulmuştur. Ayrıca, İl Sivil Savunma Bürosu, doğrudan valiye bağlı olarak İl Afet Acil Müdahale Bürosu kurmak üzere İl Özel İdari Bürosu olarak değiştirilmiş, kamu kurum ve kuruluşlarındaki "Milli Savunma Sekreterliği" ve "Milli Savunma Uzmanları" birimleri oluşturulmuştur. Kanun, ülkemizin çok başlı yapısının afet yönetimini tek çatı altında toplayarak başbakana bağlı bir birim haline getirmiştir. Bu nedenle, Türkiye'nin çeşitli yerlerinde afet kontrol planlaması için bir mekanizma oluşturulmuştur. Mekanizma ülke genelinde iyi organize edilmiş ve kuruluştaki personelin sorumluluklarını, yetkilerini ve sorumluluklarını netleştirmiştir (Şengün, 2007).

AFAD'ın 2009 senesinde kurulmuş olması ile afet öncesinde hazırlık ve zarar azaltma, afet sırasında yapılabilecek müdahaleler ve afet sonrası süreçte iyileştirme çalışmalarının koordinasyonunu ve yönetimini gerçekleştirmek, kurumun temel amaç ve görevidir. Afet yönetim süreci 3 bölümden oluşur;

Afet öncesinde;

• Toplumun olası olaylardan minimum hasar ve maddi kayıpla kurtulması için gerekli tüm teknik, idari ve yasal tedbirleri olay öncesinde almayı,

• Kaçınılmaz olduğunda kazaları önlemek, zamanında, hızlı, verimli ve etkin kurtarma, ilk yardım ve iyileştirme çalışmalarını sağlamak,

• Afet azaltmayı geliştirmenin tüm aşamalarına dâhil ederek mevcut risklerin artışını önlemek ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak,

• Toplumun tüm kesimlerine gerekli bilgileri sağlamak, olayların etkisini en az hasarla ortadan kaldırmak ve toplumda zarar azaltma kültürünü oluşturmak için eğitim programları sağlamak.

Afet sırasında;

• Her türlü boşaltma ve tahliye işlemlerinin yapılması, insanların hasar almış evlerden uzaklaştırılması ve bu evlerin insanlara daha da zararının dokunmamasını sağlamak,

• Haber alma ve ulaşım imkânlarını tekrar sağlamak, ilk yardım ve arama - kurtarma faaliyetlerini başlatmak,

• Geçici iskân sahaları oluşturarak insanlara içecek, giyecek, yakacak temin etmek,

• Çevre sağlığı ile ilgili tedbirler almak,

• Her türlü güvenlik tedbirlerini almak,

• Hasar tespiti faaliyetlerini başlatmak,

• Patlamalar, bulaşıcı hastalıklar, yangınlar vb. ikincil afetleri önlemektir.

Bu aşamada gerçekleştirilen tüm faaliyetlerin afet bölgesinde ülkenin tüm gücünün ve kaynaklarının en hızlı ve etkin şekilde kullanılması hedeflendiğinden, iyi koordine edilmesi, olağanüstü koşullarda ve zamanında hazırlanması gerekmektedir. Bunu için büyük hazırlık, güç ve sorumluluk gerektirir (Özden vd., 2008).

Afet sonrasında;

• Afetlerin yol açabileceği ek risk ve tehlikelerden insanların malını ve canını korumak,

• Mümkün oldukça fazla sayıdaki insanı kurtarmak ve sağlıklarına kavuşmalarını sağlamak,

• Afetin yol açabileceği ekonomik ve sosyal kayıpların en düşük seviyede kalmasını veya yaraların bir an önce sarılmasını sağlamak,

• Afetten etkilenen toplulukların yaşamsal ihtiyaçlarını mümkün olan en kısa zamanda ve en akıcı yöntemlerle karşılamak ve hayatın en kısa zamanda normal duruma getirilmesini sağlamak,

• Afetten etkilenen topluluklar için güvenli ve gelişmiş yeni bir yaşam çevresi oluşturmak.

Literatürde afetlerin önlenmesi ve yol açabileceği zararların minimum seviyeye indirilmesi için, risk ve tehlikelerin iyi bilinmesi, bu risk ve tehlikelere karşı henüz zarar ortaya çıkmadan önce tedbir ve önlemlerin alınması, uygun metotlarla yok edilmesi ve neden olabilecek olumsuz etkilerin hafifletilmesi "Çağdaş Afet Yönetim´" anlayışının gereği olduğu görülmektedir. Bu anlayışla beraber başarının sağlanabilmesi için sade vatandaştan en yetkili kurum ve kuruluşlara kadar her bir örgüt ve bireyin üzerine düşeni yapması gerekmektedir (Yomralıoğlu, 2000).

Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı

Bilindiği gibi coğrafi bilgi sistemleri; çeşitli coğrafi referans bilgilerini etkin bir şekilde toplamak, güncellemek, depolamak, kullanmak, görüntülemek ve analiz etmek için bilgisayar donanımı, yazılımı, personeli ve yöntemlerini bir araya getiren sistemlerdir. Coğrafi bilgi sistemleri

yardımıyla farklı sorgulamalar ve analizler yapılabilir, yapılan analizlerin bulguları çıktı haline getirilebilir ve haritalanabilir. Coğrafi bilgi sistemleri karışık veri yapısı ve katmanları aralarında gereken verilerin süzülerek anlaşılabilecek duruma getirilmesinde de yeterince verimli bir araçtır. Coğrafi bilgi sistemleri sadece bugünümüzdeki mevcut durumların analizleri için değil ileride olabilecek olayların karşılaşabileceğimiz durumların öngörü ve tahminlerinde de önemli bir araç olmuştur. Bu sebeple afetlerin önceden tahmin edilmesinde, afet esnasında hareket sisteminin tesisinde ve afet sonrasında olası arama – kurtarma çalışmalarının yönetimi ve planlanmasında da önemlidir (Özden vd., 2008).

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Faydaları

Coğrafi bilgi sistemleri teknolojileri, istatistiksel analiz ve sorgulama gibi klasik veritabanı işlemlerini görselleştirme ve haritalar tarafından sağlanan coğrafi analiz ile birleştirir. Bu yönü, CBS'yi diğer sistemlerinden ayırır ve olayları yorumlamak, sonuçları tahmin etmek ve kamu ve özel işletmeler için stratejiler formüle etmek için değerli kılar.

CBS faydaları;

- İş verimliliğini arttırır,
- Bilgi akışını hızlandırır,
- Veri güncelleme kolaydır,
- Doğru ve etkili analiz sağlar,
- Zaman ve işgücü kaybını önler,

CBS Kullanımında karşılaşılan problemler;

- Haritaların güncel olmaması,
- Bürokrasi,
- Haritalar arasında bir standart olmaması,
- Özniteliklerin bulunmaması, olanların da güncelliğini ve doğruluğunu yitirmiş olması,
- Yazılımların bazı konularda sınırlı olmaları,
- Yükseklik verisinin eski haritaların çoğunluğunda bulunmaması,
- Kayıt dışı gayrimenkuller,
- Uygun veri modelinin belirlenmesindeki zorluklar.

Coğrafi Afet Yönetimi ve Planlama CBS

Dünya genelinde her yıl binlerce insan doğal afetler nedeniyle can ve mal kaybına uğramaktadır. Afet yönetimi ve planlamasının temel amacı ve sorumluluğu, afetlerdeki mal ve can kaybını azaltmak, halkı teknolojik, doğal ve insan kaynaklı afetlerden koruyabilmektir. Bu amaçla, afete hazırlık, müdahale, koruma, iyileştirme ve afet azaltma gibi unsurları içeren, risk temelli kapsamlı bir afet ve acil durum yönetim sisteminde halka rehberlik edilmeli ve desteklenmelidir. Günümüzde modern afet yönetimi, afet önleme ve hazırlıklı olmanın önemini vurgulamıştır.

Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknolojileri, afet yönetimi ve planlamasında sıklıkla kullanılmaktadır. Coğrafi bilgi sistemlerinin ve uzaktan algılama teknolojisinin özellikle deprem, sel, heyelan, yanardağ, fırtına ve doğal kaynaklı yangınlarda kullanımı, bu doğa olaylarının yerini, gözlemini ve etkisinin belirlenmesini kapsamakla kalmayıp birçok alanı da kapsamaktadır. Afet araştırmalarında CBS teknolojisinin etkin kullanımı, temel olarak kullanımlarının ve kullanım şekillerinin belirlenmesine bağlıdır. Bu sebeple ilk olarak etkili ve modern bir afet yönetim ve

planlama sisteminin ve bileşenlerinin ne olacağının kesin olarak belirtilmesi gerekmektedir (Özey, 2000).

Ülkemiz coğrafi konumu sebebiyle farklı afet çeşitleri için önemli seviyede risk barındırmaktadır. Jeomorfolojik, jeolojik şekli ve iklim kriterleri göz önüne alındığında ülkemizin farklı bölgelerinde farklı afet riskleri bulunduğu tespit edilmiştir. Bu afetler deprem, heyelan, toprak kayması, kuraklık, sel, çığ düşmesi, kaya düşmesi ve hatta volkanik afetler olarak sıralanabilir.

Doğal afetler çevreye büyük zararlar vererek can ve mal kaybına neden olabilir. Bu zarar ve kayıplar karşısında toplum olarak afet zararlarını azaltmak ve önlemek için bazı önlem ve planların alınması gerekmektedir. Bu sebeple son yıllarda devletler afet zararlarının azaltılması için politikalar geliştirmekte ve afet risk azaltma ve acil durumlarda müdahale kurumlarını tesis etmektedir. Ülkemizde de bilhassa 1999 depreminden sonraki süreçte yaşanmış olanların bu kurumların oluşturulmasında önemli bir etkisi olmuştur. Afet ve acil durumlarda olaya hızlıca müdahale edebilecek devlet kurumları ve sivil ekipler oluşturulmuştur (Özmen ve Temiz, 2005).

Afet yönetimi ve planlaması sadece afet sonrası müdahaleden ibaret değildir. Afetlere etkin müdahale kadar afetler olmadan önce gerekli hazırlıkların yapılması ve önleyici tedbirlerin alınması da önemlidir. Aslında hepsi bir bütünün parçasıdır. Modern afet yönetimi modellerine baktığımızda afet meydana gelmeden önce yapılması gereken "risk azaltma" ve "hazırlık" faaliyetlerinin "afet döngüsü"ndeki en önemli aşamalar olduğunu görülmektedir. İnsanların son yıllarda afet öncesi yapılması gerekenlerden çok afet sonrası oluşturulan "yara iyileştirme" politikasına daha fazla önem verdikleri görülmektedir (Kadıoğlu, 2008).

Modern afet yönetim sistemlerinde "risk yönetimi" çok önemlidir. İdeal risk yönetimi;

- Hazırlık,
- Zarar ve Kayıp Azaltma,
- Erken Uyarı ve Tahmin,
- Afetleri anlamaktan oluşmaktadır.

Afet yönetim ve planlamada risk yönetimi kadar önemi olan diğer bir hususta "kriz yönetimi"dir. Etkili bir kriz yönetimi;

- Müdahale,
- Etki Analizi,
- İyileştirme,
- Yeniden Yapılanma çalışmalarını kapsar.

Risk yönetimi göz ardı edilirse kriz yönetimi başarılı olmaz. Bu nedenle ülkemizdeki risk yönetiminden kriz yönetimine kadar, afetlere müdahale ve iyileştirmeden çok afetlerin önlenmesi, azaltılması, hazırlanması, öngörülmesi ve erken uyarısına daha fazla önem verilmelidir.

Afetlerle mücadelenin en etkin yolu, afetlere neden olabilecek, afetlerin neden olduğu zarar ve kayıpları azaltmak için meydana gelmeden önlem almaktır. Bu nedenle eğitim programları geliştirilerek toplumun afetler konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Günümüzde teknoloji ve bilgiye hakim olan ve bunları toplum yararına dikkatli kullanan gelişmiş devletler, afetlerden eskisi gibi etkilenmemekte, afetlerden çok az kayıpla kurtulmaktadırlar. Ancak çeşitli nedenlerle bilgi ve teknolojinin gelişimine ayak uyduramayan toplumda, doğal afetler geçmişte olduğu gibi günümüzde de büyük maddi ve manevi kayıplara neden olmuştur (Kadıoğlu ve Özdamar, 2006).

Günümüzde CBS ve uzaktan algılama, afet yönetimi ve planlama araştırma ve veri analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Coğrafi bilgi sistemlerinin mekansal veri yönetimi, mekansal analiz ve grafik gösterimi gibi olağanüstü yeteneklerinin yardımıyla, haritalar planlama araştırmasının

temeli olarak daha hızlı ve etkili bir şekilde çizilebilir, böylece geniş alanlı uzaktan algılama bilgilerini entegre edebilir.

Günümüzde doğal afet yönetimi, IA ve GIS gibi gelişmiş yöntemlerle elde edilen bilgilerin birleştirilmesinin sonucudur. CBS, zamanımızın en önemli bilgi işleme araçlarından biridir.

Doğal afet yönetimi çok seviyeli ve çok kademeli bir süreçtir. Çok katmanlıdır; çünkü uluslararası kuruluşlar, ülkeler, yerel yönetimler, ticaret meslek odaları, sivil toplum kuruluşları, üniversiteler, şirketler ve bireyler bu sürecin bazı yönlerinde yer almaktadır. Çok aşamalıdır; çünkü önleme ve azaltma, hazırlık, tahmin ve erken uyarı, kurtarma ve ilk yardım, kurtarma ve yeniden yapılandırma gibi ara süreçlere sahiptir. Bu katmanlar, afet aşamasında afetleri önlemek için CBS'yi kullanabilir (Uluğ, 2009).

Dünyada ve ülkemizde afet kayıplarını en aza indirgemek için farklı yöntemler geliştirilip kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin başında bölgedeki afet tehlike durumunun ortaya çıkarılması ve buna göre mevcut planların oluşturulması gelmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisi, afet kayıplarının azaltılmasında hızlı, güvenilir ve kullanımı kolay bir araç olarak görülmektedir. Afet yönetiminde CBS kullanma nedenleri; hasar kontrolü, afetlerin yıkıcı sonuçlarının azaltılmasına, kaynakların ve yaşamların korunmasına yardımcı olmasıdır. Afet yönetim sistemi ile ilgili araştırmalarda CBS uygulamasının büyük avantajları vardır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz (Uluğ, 2009);

1. Etkin bir veri paylaşım aracı olması: Afet yönetiminde, farklı kurumlar tarafından elde edilen çeşitli verileri aynı formatta toplar ve ilgili kurum ve kuruluşların bu verilere farklı lokasyonlardan belirli bir zamanda erişme ihtiyacını karşılar. Burada CBS kullanılarak çeşitli kurumlar tarafından elde edilen ve aynı formatta kendi veri tabanlarına kaydedilen veriler farklı merkezlerden çevrimiçi olarak alınabilmekte ve gerektiğinde üzerinde gerekli analizler yapılabilmektedir. Örneğin; normal şartlar altında farklı kurum ve kuruluşlar, yerleşim alanlarının doğal ve beşeri özelliklerine ilişkin çok farklı verileri elde edecek ve saklayacaktır. Bunlar; yağış ve sıcaklık gibi meteorolojik verilerin yanı sıra arazi kullanımı, nüfus ve yerleşim yerleri, tapu, cadde ve köprüler, hastaneler ve ulaşım gibi verileri ve hatta otobüs, tramvay, metro ve gemileri içermektedir (Sever, 2008).

Bugün ülkemiz de dahil olmak üzere normal şartlar altında bu verilere hemen ulaşmak mümkün değildir. Birincisi, farklı formatlar nedeniyle bu verilerin paylaşılması ve daha sonra analiz için birlikte kullanılması büyük bir engeldir. Bu nedenle etkin bir CBS sistemi sayesinde, çeşitli kurumların farklı verilerine evden çıkmadan çok kısa sürede ulaşmak ve bunlar arasında gerçek zamanlı analiz yapmak mümkündür.

2. Güncelleme: Afet yönetiminde kullanılacak verilerin güncel olması gereklidir. Değişen ve nihayetinde hatalı veriler, afet yönetimi hedeflerine ulaşmayı zorlaştıracaktır. CBS'de farklı kuruluşlar tarafından güncellenen veriler de sistemde otomatik olarak güncellenmektedir. Sonuçta güncelleme için gerekli analizler ve haritalar CBS aracılığıyla kolaylıkla yeniden üretilebilmektedir.

3. Hızlı veri analizi yapabilme ve basit çözümler sunabilme: Afet sonrasında ve sırasında mevcut veri tabanından çok farklı verilere ihtiyaç duyulabilir ve farklı verilerin ayrı ayrı yeniden gözlemlenip haritalanması gerekebilir. Örnek olarak; sel esnasında kurtarma faaliyetlerinde, kapana kısılmış alana ulaşmak için karadan en kısa ve en güvenli yerin belirlenmesi gerektiğinde, selin meydana geldiği bölgenin topoğrafik haritası, yeni çekilmiş uydu fotoğrafı sel baskınını gösterir. Bu dönemde tahliye edilenlerin yeri ve alanın detaylı bilgilerine ihtiyaç duyulur ve ayrıca bir trafik haritası da gerekir. Gereksinimler; Bu durumda coğrafi bilgi sistemi çok etkin bir şekilde kullanılır. CBS'de çeşitli veriler birbirinden bağımsız olarak sistemin farklı seviyelerinde depolanır. Bu sayede bir bölgeye ait yüzlerce farklı veri için yüzlerce farklı katman oluşturulur (Şahin ve Şipahioğlu, 2002).

4. Çoklu yönlü görselleştirme olanakları sağlar: Afet yönetiminde farklı durumlar ve zamanlar farklı haritalar gerektirebilir. Bu, afet yönetiminin planlanması için son derece önemlidir. CBS'de,

gerekli verileri ve analiz sonuçlarını harita veya diğer görsel materyaller (grafikler ve tablolar gibi) olarak görüntülemek ve çıktılarını almak kolaydır. Örneğin deprem sonrası farklı amaçlar için kullanılan farklı ölçek ve detaylardaki trafik ve yerleşim haritaları, kimyasal içeren endüstriyel tesislerin, akaryakıt istasyonlarının ve akaryakıt depolarının yerlerini gösteren haritalar gerekebilir. CBS yardımı ile veri tabanındaki ilgili verilere erişim sayesinde bu haritalar kısa sürede kolaylıkla hazırlanabilmektedir. CBS yukarıdaki tüm avantajlara sahiptir ve afet yönetiminin tüm aşamaları için en etkili araçtır (Demirci ve Karakuyu, 2004).

Bu nedenle; CBS, dünyanın birçok ülkesinde afet araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Çeşitli afetleri izlemek, afet risk haritaları oluşturmak, erken uyarı sistemleri geliştirmek, afet durumlarını belirlemek, çeşitli afet senaryoları hazırlamak, acil destek planları hazırlamak, olası afetler için alternatif tahliye ve ulaşım planları geliştirmek, arazi kullanım planları geliştirmek ve açılışa hazırlanmak için CBS kullanılır. Birçok ülkede, korunan alan ve rekreasyon alanlarının planlanması, kamu güvenliği ve güvenilir inşaat alanlarının planlanması, tarihi kaynakların tespit edilmesi ve muhafaza edilmesi, alanların tespiti ve gözetlenmesi çok çeşitli konulardır. Afet sonrası süreçte yardım ihtiyaçlı bölgelerin tespiti, arama ve kurtarma çalışma yönergeleri ve afetten etkilenen alanların belirlenmesi üzerine farklı ülkelerde araştırmalar yürütülmektedir (Demirci ve Karakuyu, 2004).

Sonuç ve Değerlendirme

Deprem, sel, heyelan gibi doğal afetler her yıl ülkemizde ve dünyada büyük mal ve can kayıplarına sebebiyet vermektedir. Bu zararlar ancak etkin bir afet yönetim sistemi ile ortadan kaldırılabilir veya en azından kabul edilebilir seviyeye indirilebilir. Afet yönetim sisteminin beklenen hedeflere ulaşması için afet öncesi ve sonrası tüm faaliyetleri kapsaması gerekmektedir.

Afet sonrası sadece enkazın kaldırılması, ölülerin defnedilmesi ve yaralıların hastaneye yatırılması bir afet yönetim sistemi oluşturmaz. Etkili bir afet yönetim sistemi, afet meydana gelmeden önce çeşitli sosyal birimlerle afet hazırlıklarını ve afet sonrasında yapılması gerekenleri içerir. Afet yönetim sisteminde her türlü verinin aynı anda kontrol edilmesi, analiz edilmesi ve planlanması gerektiğinden CBS ve IA sistemdeki en önemli veri işleme ve veri toplama araçlarıdır.

Türkiye'de afet yönetim sisteminin tanınması, işleyişinde ve sistemde CBS teknolojisinin kullanılmasında büyük eksiklikler bulunmaktadır. Ulusal ve il afet yönetimi araştırmalarının çoğu birbirinden bağımsız olup, afet sonrası kurtarma ve afet yardımı eksenli yürütülmektedir. Bu durumda afet öncesi ve sonrası çalışmalar sağlıklı yürütülemez, orta büyüklükte bir deprem olsa dahi ülkemiz büyük kayıplarla karşı karşıya kalacaktır. Ülkemizde deprem gibi doğal afetlerin etkisini en aza indirmek ve büyük afetlerden kaçınmak için öncelikle afetlerle profesyonel olarak başa çıkmayı öğrenmeliyiz. Bu doğrultuda atılması gereken ilk adım, gelişmiş ülkelerden örnekler incelenerek en son bilgi ve teknolojik imkânlardan yararlanmak ve etkili afet yönetim sistemleri geliştirmek olmalıdır.

Afet yönetimiyle alakalı tüm faaliyetlerin bir merkez tarafından koordinasyonu sağlanmalıdır. Merkez, afet yönetiminin çeşitli aşamaları ile ilgili çeşitli çalışmalara imkân veren geniş bir veri tabanı ile bu verilerin doğru ve hızlı bir şekilde kullanılması, analizinin yapılması ve sağlanması için gereken son teknoloji ile donatılmalıdır. Özellikle bir yandan veri toplamak ve daha sonra diğer kurumlara sunmak çok önemlidir. CBS ve UA bu teknolojilere dahil edilmelidir.

Merkez, afet araştırmaları yapan üniversiteler ve araştırma merkezleri başta gelmek üzere diğer kamu ve özel kuruluşlarla işbirliği yapmalıdır. Sistemin ihtiyaç duyduğu veriler, bu kuruluş ve kurumlarla sağlanan bağlantılar aracılığıyla sisteme kolayca uyarlanmalı ve anında güncellenmelidir. Bu nedenle CBS'de saklanan verilerin geliştirilecek standartlara uygun olması önem arz etmektedir. Afet yönetim merkezinin çeşitli nedenlerle veya afetler sırasında devre dışı kalabileceği düşünülerek, afet bilgi sistemlerine ve veri tabanlarına erişim için alternatif yollar geliştirilmelidir. Merkez

arızalansa bile, sistem ilgili devlet kurumlarından erişilebilir ve çalıştırılabilir olmalıdır. Afet yönetim merkezi, afet öncesi araştırmalara da büyük önem vermelidir.

Afetlerin etkisini azaltabilecek tüm çalışmalar, alanında uzman kişilerden oluşan araştırma ve geliştirme ekipleri tarafından yapılmalıdır. Coğrafyacılar ve üniversitelerin ilgili bölümlerinden uzmanlar bu grupta mutlaka yer almalıdır. Afet yönetim sistemi, bilgi üretebilen, gerekli yerlerden bilgi toplayabilen ve gerektiğinde farklı niteliklerle medya dahil çeşitli kurum ve kuruluşlara iletebilen bir yapıya sahip olmalıdır. Bu nedenle afet yönetim merkezi için iletişim, ulaşım ve koordinasyon hiçbir koşulda sorun olmamalıdır. İnsanlar cimrilik davranmamalı, bilgiyi, ileri teknolojiyi ve her ikisini de afet yönetimi amacıyla kullanabilecek uzmanları seçerek edinmelidir.

Bir doğal afet yönetim sistemi geliştirmek için tek başına CBS kullanmak, afet kayıplarını azaltmak için yeterli olmayabilir. Bunun için öncelikle toplumda afet önleme bilincini uyandırmalıyız. Tüm toplumun afet bilincini uyandırması, tüm çabaların hayata geçirilmesi ve hedeflerine ulaşması için çok önemlidir. Öte yandan, afet yönetim merkezi tarafından oluşturulan planı tamamlamak için devlet tarafından kullanılacak ulusal afet yönetimi politikasını formüle etmek ve izlemek, derecesine göre ilgili tüm devlet dairelerine ve kamuoyuna erişim sağlamak ve güncellemeleri yapmak gerekmektedir. Afetlerle etkin mücadele için kullanılacak sistemdeki veriler, sistemin başarısı için kritik olan diğer faktörlerdir. Unutulmamalıdır ki afetlere neden olan depremler ve diğer doğa olayları değil, insanların bu olaylara karşı ilgisizliği ve hazırlıksız oluşudur.

KAYNAKÇA

Demirci, A. & Karakuyu, M. (2004). Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Rolü / The Role of Geographic Information Technologies on Disaster Management. Doğu Coğrafya Dergisi, 9 (12), 67-101.

Ergünay, O. (2002). Afete Hazırlık ve Afet Yönetimi Raporu. Türkiye Kızılay Derneği Genel Müdürlüğü Afet Operasyon Merkezi (AFOM), Ankara (Yayımlanmamıştır).

Kadıoğlu, M. (2008). Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri. 1. Baskı. JICA Türkiye Ofisi Ankara.

Kadıoğlu, M. (2008). Küresel İklim Değişikliğine Uyum Stratejileri. Kar Hidrolojisi Sempozyumu Bildiri Kitabı 27-28 Mart 2008 Erzurum, DSİ 8. Bölge Müd. Yay., 69-94.

Kadıoğlu, M. & Özdamar, E. (2006). Afet Yönetiminin Temel İlkeleri. JICA Türkiye Ofisi Yayınları, No.1, s 10, Ankara.

Özden, Ş., Tetik, Ç., Yavaş, Ö.M., İlgen, H.G. ve Çiftçi, A., (2008), Avrupa'daki İklim Değişikliği Adaptasyon Çalışmaları ve Türkiye'de İklim Değişikliğine Bağlı Afet Zararlarının Azaltılması İçin Yapılması Gerekenler. Kar Hidrolojisi Sempozyumu Bildiri Kitabı 27- 28 Mart 2008 Erzurum, DSİ 8. Bölge Müd. Yay., 95-103.

Özey, R. (2000). Afetler Coğrafyası. Aktif Yayınevi, İstanbul, 214s.

Özmen, B., Nurlu, M., Kuterdem K., & Temiz, A., (2005). Afet Yönetimi ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü. Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, Grand Yükseliş Hotel, İzmit.

Şahin, C., & Şipahioğlu, Ş., (2002). Doğal Afetler ve Türkiye. Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara, 478s.

Şengün, H. (2007). Marmara Depremi'nde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Çalışmaları ve Hukuksal Sorunlar. TMMOB Afet Sempozyumu, 5-7 Aralık. Ankara .

Sever, R. (2008). Aşırı Kar Yağışlarının Afete Dönüşmesini Engellemek İçin Alınması Gereken Bazı Önlemler. Kar Hidrolojisi Sempozyumu Bildiri Kitabı, 27-28 Mart 2008 Erzurum. DSİ 8. Bölge Müd. Yay., 173-183.

Uluğ, A. (2009). Nasıl Bir Afet Yönetimi. TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, s 1-18, 8-10 Ocak, İzmir.

Yomralıoğlu, T. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Akademik kitabevi, Trabzon.

Küresel Isınma ve İklim Değişikliklerinin Tarımsal Üretime ve Mısır (*Zea Mays* L.) Bitkisinin Gelişimi İle Ürün Oluşumuna Olası Etkileri

Abdullah ÖKTEM[1]
Ayşe Gülgün ÖKTEM[2]

Giriş

İklim denidiği zaman bir bölgede uzun bir süre boyunca gözlemlenen sıcaklık, nem, hava basıncı, rüzgâr, yağış ve şekli gibi meteorolojik olayların ortalaması akla gelmektedir. Bir lokasyonun iklimine bulunduğu enlem, boylam, arazi yapısı ve yükseltisinin yanı sıra yakındaki su kütleleri de etki etmektedir. Uzun bir süre boyunca fazla değişmeyen hava hareketlerinin yerini bir başka hava hareketinin alması iklim değişikliği olarak ifade edilmektedir. Bu süre milyonlarca yıl aynı kalıp sonradan değişeceği gibi 10 yıl gibi kısa bir süre sonra da değişebilir. Dünyanın jeolojik tarihinden bu yana birçok iklim değişikliği yaşanmıştır. Yaşanan bu iklim değişiklikleri sonucunda dünya yüzeyi bugünkü halini almıştır (Anonim, 2020a; Anonim, 2020b).

Günümüzde iklim değişimlerinin ortalama değerlerin dışına çıkması ve bu sıra dışı olayların oluşma sıklığı, yoğunluğu ve süresi normal hayat akışını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca tarımsal üretimin, gıda arzının, fiyat ve istikrarın değişken olmasına neden olmaktadır (Alexander, 2016). Bütün dünyada iklim değişikliği, bitkisel üretim ve gıda temini anlamında büyük kaygılar oluşturmaktadır (Lal & ark., 2005). Değişken hava şartları, sıcaklık değerlerinde varyasyonun fazla olması ve yağışlardaki düzensizlik gıda üretimini olumsuz etkilemektedir (Hoogenboom, 2000; Howden & Leary., 2005). Uluslararası İklim Değişikliği Paneli'nde gelecekte ortalama hava sıcaklığının 4°C'ye kadar yükseleceği, yağış miktarlarında ve dağılımında değişiklikler yaşanacağı ve güneş radyasyonunun artacağı bildirilmiştir (IPCC, 2014). Dünyada 1960 ile 2010 yılları arasında en fazla tarımsal üretim yapan 30 ülkenin 7'sinde iklimdeki değişkenlikler yüzünden verimde düşüşler yaşanmıştır (Hawkins & ark., 2013).

Sıcak hava ve su stresi nedeniyle başta Afrika olmak üzere Dünya üzerindeki kurak ve yarı kurak alanların genişleyeceği ve daha fazla verim kayıplarının olabileceği beklenmektedir (Fischer & ark., 2005). Asya'da, yağış rejiminin bozulması nedeniyle yağmurla beslenen çeltik alanlarında ve yüksek rakımlı yerlerde 10 milyon hektar ve taban koşullarda ise 13 milyon hektar alanın etkilendiği, 2050 yıllarına gelindiğinde Bangladeş'te çeltik üretiminin %10 ve buğday üretiminin üçte bir oranında azalacağı hesaplanmaktadır (Pandey & ark., 2007).

Kısa sürede gerçekleşen aşırı yağışlar sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Aşırı yağış Güney ve Güney Doğu Asya ülkelerinde çeltik üretim alanlarını etkilemekte, 10 ila 15 milyon ha alanda yılda yaklaşık 1 milyar doları bulan verim kayıplarına sebebiyet vermektedir (Bates & ark., 2008).

Küresel iklim değişikliği simülasyonunun sonuçları, sıcaklık ve yağış değişimlerinin bir kombinasyonunun mısır verimi üzerinde olumlu veya olumsuz etkiler yaratabileceğini göstermekte fakat bu coğrafik olarak yerden yere ve miktar olarak değişeceğini ortaya koymaktadır. ABD'de küresel iklim değişikliğin den dolayı mısır rekoltesinde bölgeden bölgeye çok farklı sonuçlar ortaya

[1] Prof. Dr., Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa
[2] Doç. Dr., Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

çıkarabileceği öngörülmüştür. Mısır bitkisi İran'da da en çok yetiştirilen tahıl ürünlerinden biridir. İklim değişikliğinin İran'daki mısır üretimine etkisi incelendiğinde gelecekteki yüzyılda hava sıcaklığındaki artışa ve öngörülen yağışlardaki azalmaya tepki olarak mısır veriminin %-2.6'dan %-82'ya oranlarda azalacağı, Zimbabwe'nin bazı bölgelerinde sulanmayan veya sulanan koşullar altında mısır verimliliğinin ve üretiminin dramatik bir şekilde azalacağına işaret edilmektedir (Bannayan & ark., 2016).

Dünya nüfusunun ve gıda ihtiyacının sürekli arttığı günümüzde iklim değişimlerinin gıda güvenliğini tehlikeye sokması önemli bir risk olarak görülmektedir (Aggarwal & ark., 2006). Bu nedenle sıcaklık artışının ve yağışlardaki değişimin gelecekte tarımsal üretim üzerine olan etkilerinin bilinmesi oldukça önemlidir.

İklim Değişikliklerinin Türkiye'de Tarımsal Üretime Olası Etkileri

Küresel iklim değişikliği günümüzde gıda güvencesini tehlikeye sokan ve tüm dünyadaki toplumları kaygılandıran bir durumdur. İnsan faaliyetlerinden kaynaklı küresel ortalama hava sıcaklıkları artmıştır ve yakın gelecekte de hızlanarak artmaya devam etmesi beklenmektedir.

Sanayi aktivitesi sonucunda atmosferik karbondioksit miktarındaki artış bitki büyüme mevsiminin uzamasına ve fotosentez etkinliğinin artmasına olumlu etkide bulunurken, iklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık artışları, yağış miktarında ve rejimindeki değişim, aşırı hava olaylarının artan sıklığı ve şiddeti küresel tarımsal faaliyetleri olumsuz etkilemektedir. Sıcaklıkta yaşanacak +4°C'lik bir artışı küresel gıda üretimini önemli ölçüde etkileyecek ve bazı yerlerde tarımsal üretimin büyük oranda yok olma riskini ortaya çıkaracaktır (IPCC, 2007; Silver, 2008).

Türkiye'nin farklı bölgelerinin iklim değişikliğinden farklı biçimde ve değişik boyutlarda etkileneceği öngörülmektedir (Çelik & Karakayacı, 2007). Meydana gelecek iklim değişikliği, tarımsal üretimi olumsuz yönde etkileyecek, özellikle su kaynakları bakımından yetersiz olan kurak ve yarı kurak bölgelerimizde önemli sorunlara neden olacaktır. Ayrıca Türkiye'de küresel iklim değişikliğine bağlı olarak tarımsal ürün verimliliğinin % 15-25 arasında azalacağı beklenmektedir (Cline, 2007).

İklim değişikliği sonucunda tarımsal üretimde yaşanacak olumsuzlukların en büyük etkisi ekonomik yaşamda olmaktadır (Castillo, 2016). Özellikle temel beslenme maddesi ve en fazla ekim alanına sahip olan tahıllarda sıcaklık, yağış ve güneş radyasyonu büyüme ve gelişmeyi yani tahıl verimi ve üretimini doğrudan etkilemektedir (Maldaner, 2014; Castillo, 2016). Gelişme dönemlerinde iklim yönünden yaşanacak olumsuzluklar neticesinde; bitkide yaprak gelişimi, fotosentez ve solunum, dişi ve erkek organların olgunlaşması, tozlaşma, tozlaşma zamanı ve süresi, döllenme, tane hacmi ve dolum zamanı, ürün oluşumu, bitki biyokütlesi ve tane verimi gibi ürün oluşumuna etki eden dönemler olumsuz etkilenebilecektir (Hoogenboom, 2000).

Günümüzde artan gıda ve yenilenebilir enerji taleplerine yanıt vermek için tarım sistemi sıkıntı yaşamaktadır. Değişken hava olaylarının Türkiye'de tarımsal üretime etkileri olumsuz yönde ve önemli miktarda giderek artmaktadır. Önümüzdeki yıllarda güvenli gıdaya ulaşma imkânlarının azalacağı öngörülmektedir. Değişen iklim koşulları tarımsal üretimde su kıtlığı, çevre kirliliği, erozyon ve toprak bozunumu gibi konularda gıda güvenliğini ve gıda güvencesini tehdit etmekle birlikte kaynak sorunlarına da neden olmaktadır.

İklim koşullarında meydana gelecek değişiklik neticesinde tahıl üretimi bakımından bazı bölgelerde artış, bazı bölgelerde ise düşüş olması, özellikle kuru tarım yapılan bölgelerin kuzeye kayacağı beklenmektedir. Ancak ortak sorun; sıcaklığın artması ve yağış rejimindeki düzensizliklerin verimde önemli düşüşlere sebep olmasıdır (Cairns & ark., 2012). Kurulan senaryolar 2050 ve sonrası için veriminin %10-50 arasında düşmesi (Edmeades, 2013) ve iklim değişikliğinden etkilenmemek için çözüm önerileri geliştirilmesi yönündedir.

Türkiye'de mevsimlik ve yıllık ortalama hava sıcaklıklarının 4-6 °C aralığında artacağı ve 2100 yılı sonuna doğru uç değerlere doğru hareket edeceği, günün en yüksek ve en düşük hava sıcaklıklarında en yüksek sıcaklık artışlarının Türkiye'nin güneydoğusu ile Akdeniz boyunca meydana geleceği ve Türkiye'nin güney enlemlerinden kuzeye doğru artış göstereceği, özellikle 2041 sonrası Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde sıcak hava dalgalarının hem sıklığında hem de şiddetinde artışlar gözleneceği bildirilmektedir (Kadıoğlu & ark., 2017). Yarı kurak bazı bölgelerimizin bu yüzyılın sonuna doğru kurak bölge özelliğine geçmesi öngörülmektedir.

Toplam tarım arazisinin büyük bir kısmında kuru tarım yapılan ülkemizde küresel iklim değişikliği ile beraber yağış rejiminde olabilecek değişiklikler Türk tarımını önemli ölçüde etkileyecektir. Türkiye genelinde 2050 yılından itibaren daha belirgin olmak üzere Ege ve Akdeniz kıyılarında, Güneydoğu ve Doğu bölgelerinde toplam yağış miktarlarında 250-300 mm'ye varan azalmalar, Karadeniz'in doğusunda ise aşırı yağışlar beklenmektedir. Dellal & ark. (2011) Karadeniz Bölgesinde mısır tarım alanının genişleyeceğini, tahılların genel anlamda verimlerinin azalacağını, büyüme döneminin kısalacağını belirtmişlerdir.

Don olayları sıklığının azalmasıyla birlikte, kışların daha ılık ancak yazların daha sıcak ve kurak olacağı, kısa süreli ani yağış ve dolu olaylarında artış olacağı, ülkemiz genelinde karla kaplı alanlarda ve kar yağışı miktarlarında da önemli azalmaların görüleceği ve kişi başına kullanılabilir su miktarının azalacağı olası senaryolar arasında bulunmaktadır.

Kar ve yağmur yağışlarının azalması ve yaz aylarındaki hava sıcaklığının artması ile birlikte, evapirasyon ve transpirasyonun artması neticesinde mısır gibi yazlık bitkilerin yetiştirilmesi için ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarı da bugünden daha fazla olacaktır. Tarımsal üretim yanında, su kullanımına ihtiyaç gösteren turizm, sanayi, tekstil, içme ve kullanma suyu gibi diğer alanlarda da etkilenme yüksek olacaktır. Suya erişim konusunda sektörler arasında rekabet artabilir. İklim değişikliği artan hava sıcaklığı ile buharlaşma, akarsu ve nem depolama alanlarını değiştirecektir. Yarı kurak bölgelerde su kaynaklarının en büyük tüketicisi tarım alanlarıdır (Yeo, 1999). Sıcak iklimlerde su talebi yükselecek; tarım, kentsel alanlar ve sanayi kullanıcıları arasındaki rekabeti artıracaktır (Arnell, 1999). Kurak koşullar altında, sulama için birim alan başına daha fazla su gerekecek ve yoğun sıcaklardan dolayı da sulama taleplerinin artacağı tahmin edilmektedir (Parry, 2000).

Bitkisel üretimde ve verimde azalma ile birlikte, çayır ve meralardaki bitki örtüsündeki azalma ve biyolojik çeşitlilik hayvancılık sektörünü de olumsuz etkileyebilecek, et ve süt verimlerinin düşmesine neden olacaktır. Ayrıca yüksek sıcaklık ve kuraklığa bağlı stres yüzünden hayvancılıktaki verimlilik düzeyi de azalabilir.

Yağış rejimindeki farklılaşma şiddetli yağış ve buna bağlı olarak selleri beraberinde getirerek ekim, dikim ve hasat zamanlarını değiştirebilir. Havanın ısınması ile son don tarihinin öne çekilmesi sonucu ekim ve dikim tarihlerinin öne çekilmesine neden olabilir. Sıcaklıktaki 1-3 derecelik ısınma ile mısır, çeltik gibi sıcak iklim tahıllarının ve bazı yazlık ürünlerin daha erken üretime alınması ile yaz sıcaklarından ve buharlaşma hızından da korunmak mümkün olabilir (Öztürk, 2016). Artan hava sıcaklıkları ve azalan yağış nedeniyle toprak neminin azalması neticesinde mevcut tarım alanları kullanım dışı kalabilir.

Kışların ılık geçmesi nedeniyle bitkisel üretimde ürün azalmasına neden olan pas ve külleme gibi bazı hastalık ve zararlılar çoğalabilir ve epidemilere neden olabilirler. Sıcaklıklar ve nem koşulları farklılaştıkça yeni hastalık ve zararlılar önceden görülmedikleri bölgelerde de çoğalarak zarar oluşturabilirler.

Yarı kurak bölgelerde ek sulama yapılsa bile bitkiler çiçeklenme ve tane doldurma döneminde daha yüksek ve aşırı sıcaklara maruz kalacağı için özellikle yazlık bitkilerin veriminde düşüşler olması beklenmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde buğday gibi bitkilerde tane dolum döneminin

düşük yağış ve yüksek sıcaklık sonucu kısalması protein sentezi ve diğer metabolik faaliyetlere olan olumsuz etkileri nedeniyle verim ve kaliteyi etkilemektedir. Sıcaklık artışları olgunlaşma süresinin uzunluğunu kısaltarak verimi azaltacaktır (Porter & Gawith, 1999; Tubiello & ark., 2000). Normal koşullarda buğday gelişme döneminde optimum sıcaklık değerlerinin üzerindeki ortalama 1°C'lik artış, yazlık buğdaylarda 5.7 kg/da verim kaybına neden olduğu düşünülmektedir (Sayılğan, 2016).

Ayrıca kuruyan toprak koşullarında şiddetli rüzgârın da etkisiyle rüzgâr erozyonunun ve toplam yağışın sınırlı olduğu bölgelerde yüksek buharlaşma ile toprakların tuzlanma riskinin de artacağı belirtilmektedir (Yeo, 1999).

İklim Değişikliğinin Mısır Bitkisinin Büyüme, Gelişme Ve Ürün Oluşumuna Olası Etkileri

Gelecekte yaşanabilecek iklim değişiklikleri nedeniyle ortalama sıcaklık artışı, yağış rejimimde değişiklikler ve güneş radyasyonu gibi birçok iklim olayı tarımsal üretimi etkileyebilecektir. Tüm bu iklim değişiklikleri sonucunda; ürün rekoltesi ve gıda güvenliğinde dengesizlikler oluşma ihtimali bulunmaktadır. Bu durum tüm bitkileri etkilediği gibi temel gıda ürünü ve sanayide büyük ölçüde kullanılan mısır üretimini de olumsuz etkileyebilecektir.

Sıcak iklim tahılı olan mısır tek yıllık, büyüme ve gelişmesini yılın güneşli ve sıcak günlerinde yapan bir buğdaygil bitkisidir (Emeklier, 2011). Gelişimini 4-5 ay gibi kısa bir sürede tamamlayarak birim alanda yüksek verim ve kuru madde üretimi sağlayan ve güneş enerjisini en iyi kullanan bir C4 bitkisidir (Kırtok, 1998).

Mısır, insan gıdası, hayvan yemi, alkol ve biyoetanol üretiminde önemli bir bitkidir (Ranum & ark., 2014; Shiferaw & ark., 2011; Öktem & Öktem, 2020). Dünyada üretimin büyük çoğunlüğü gelişmiş ülkelerde yapılsa da geri kalanı, küçük ve düşük verimli alanlarda sulamaya erişimi olmayan küçük ölçekli çiftçiler tarafından yapılmaktadır (AGRA, 2014). İklim değişikliği mevcut sorunlara ek olarak milyonlarca insan için temel gıda ve geçim kaynağı olan gıda üretimini zorlaştırmaktadır (Tesfaye & ark., 2013). Bundan dolayı gıda üretim ve tüketiminde önemli olan mısır bitkisinin sıcaklık arttıkça ve yağış düzeni bozuldukça üretimi tehlikeye girmektedir.

Tarımsal üretimde buğdaydan sonra en fazla ekim alanı ve üretime sahip olan mısır için (FAO, 2022) iklim değişikliğinin etkileri kaçınılmadır (Edmeades, 2013). Küresel nüfus arttıkça mısır üretimi de artmalıdır. Yapılan araştırmalarda 21. yüzyıl ortalarında gıda üretiminin nüfusun ihtiyacını karşılayabilmesi için ürün miktarının %60 (Alexandratos & Bruinsma, 2012), temel gıda ürünü olan buğday üretiminin %38 ve mısır üretiminin ise %67 oranında artması gerekmektedir (Ray & ark., 2013).

Sıcaklığın Mısır Bitkisinin Büyüme, Gelişme ve Ürün Oluşumuna Olası Etkileri

Mısır bitkisi için en ideal çimlenme sıcaklığı hava sıcaklığının 13-18°C, toprak sıcaklığının ise 15°C ve üstü olduğu dönemdir. En uygun büyüme sıcaklığı 25-30°C olmasına rağmen (Sánchez & ark., 2014), 38°C'yi geçen sıcaklıklardan olumsuz etkilenmektedir (Tebaldi & Lobell 2018). Mısır gelişimi için ideal gelişim sıcaklığı 25-32 °C arasında olup, kısa süreli 45°C' sıcaklığa kadar tolere edebilse de ekonomik üretim için üst sınır 38°C ve altıdır. Mısır bitkisi soğuk havalara (0-6°C) da hassastır. Büyüme ve gelişme aşamasında hava sıcaklığına ve maruz kalma süresine bağlı olarak düşük sıcaklıktan da olumsuz etkilenir (Ramirez-Cabral & ark., 2017; Birch & ark., 2003). Mısır verimini etkileyen en önemli iklim faktörü olarak sıcaklık ve yağış/sulama karşımıza çıkmaktadır. Radyasyon ise sıcaklık ve yağış kadar etkili değildir**.** Büyüme döneminde sıcaklığın 30 °C üzerindeki her gün için normal sulama koşullarında verimin %1, kurak koşullar altında ise %1.7 oranında azalacağı belirlenmiştir (Lobell & ark., 2011). Yapılan bir çalışmada ortalama hava sıcaklığının 1, 2 ve 4 °C artış gösterdiği durumlarda; sırasıyla %1–21, %3–34 ve %17-67 oranında mısır veriminde düşüşler yaşandığı belirtilmektedir (Tesfaye & ark., 2018). Bir başka çalışmada ise sıcaklıkta yaşanan

her 1°C artışın mısır veriminde %8.3 düşüşe neden olduğu belirtilmektedir (Lobell & Field, 2007). Lobell & Burke (2010) yaptıkları çalışmada 2 °C'lik bir sıcaklık artışının mısır veriminde yağıştaki %20'lik bir düşüşten daha büyük bir azalmaya neden olacağını belirtmiştir. Tanzanya'da yapılan bir çalışmada ise, sıcaklıktaki 2 °C'lik bir artışın, mısır verimini %13 oranında azalttığı ve bunun mevsim içi yağış değişkenliğinin artmasından daha yüksek bir etkiye sahip olduğu öngörülmüştür (Rowhani & ark., 2011). Her 1 °C daha fazla ısınmanın Afrika'daki mısır yetiştirme bölgelerinde yağmurla beslenen ve kurak koşullar altında sırasıyla yaklaşık %65 ve %100'ünde verim kayıplarına neden olacağı belirtilmektedir (Lobell & ark., 2011).

Sıcaklıkta yaşanan ani yükselmeler bitkinin meabolik süreçlerini ve fotosentezi olumsuz etkileyerek besin üretimini kısıtlayabilir (Moriondo & ark., 2011). Kısa süreli sıcaklık artışları verimliliği önemli ölçüde düşürebilir. Duyarlılığın yüksek olduğu büyüme aşamasında 1-2 günlük aşırı sıcaklık bile tarımsal süreçlere zarar verebilir (Mearns & ark., 1999).

Sıcaklığın artması mısır üretimini daha da zorlayacaktır (Cairns, 2013). Özellikle çiçeklenme zamanı, tepe püskülü çıkışı ve tozlaşma döneminde 35°C ve üzeri sıcaklıklarda mısır olumsuz etkilenir (Öktem, 1997a; Luo, 2011; Rezaei & ark., 2015). Yüksek sıcaklıkta koçan püskülleri kurur ve polenler canlılığını kaybeder. Tozlaşma olsa bile yeterli nem miktarı olmadığından polenler stigmada çimlenip boru içerisinde ilerleyemez (Öktem, 1997b). Çiçeklenme döneminde meydana gelen yüksek sıcaklığın koçanda tane sayısını ve tane ağırlığını olumsuz etkilediği, buna bağlı olarak verimde düşüş yaşandığı tespit edilmiştir (Schoper & ark., 1987, Öktem, 1999, Çölkesen & ark., 1997).

İklim değişikliğinin mısırın fizyolojik gelişme ve veriminde belirgin bir etkiye sahip olduğu, artan hava sıcaklıklarının mısır bitkisinin tepe püskülü çıkarma (anthesis) ve koçan püskülü (silking) çıkarma evrelerine daha erken ulaşmasına neden olduğunu ve mısır veriminde düşüşe neden olduğunu göstermiştir (Jones & ark., 1980).

Hava sıcaklığı, yağış, toprak nemi ve sıcak hava dalgaları ile birlikte kuraklıkların sıklığı mısırın yetişmesindeki en önemli etkenlerdir. Bu nedenle sıcaklığın artması, ürünün gelişme hızında bir artışa ve büyüme periyodunda bir düşüşe, bunun sonucunda da verimin azalmasına neden olacaktır.

Bitkilerin sıcaklığın ani artışına duyarlılığı yanında, anormal derecede düşük sıcaklık ve yağışlı dönemlerde de ürün verimliliğinde dramatik azalmalar oluşabilmektedir (Gornall & ark., 2010). Hava sıcaklığının düşük olduğu bölgelerde tepe püskülü çıkış süresi uzamakta ve olgunlaşma için gerekli süre kısalmaktadır (Emeklier, 2011). Olgunlaşma süresinin erken gelen soğuk havaların etkisiyle kısalması, tane dolum dönemlerinin kısalmasına neden olarak verimi olumsuz etkilemektedir. Ayrıca soğuk ve yağışlı hava nedeniyle mısır tanesinin nem içeriği artarak hasat ve depolamayı güçleştirmektedir (Öktem, 1999). Ancak tane dolum döneminden sonra görülecek yüksek sıcaklık ve kuru hava koşulları mısır ürününün kurumasını, kolay hasat ve depolanmasını olumlu etkilemektedir (Ceglar & ark., 2018, Öktem, 1997).

Mevcut mısır üretim bölgelerinde büyüme mevsiminde artan hava sıcaklığı, olgunluğa kadar geçen süreyi kısaltmaktadır (Iqbal & ark., 2009). Sıcaklık ve kuraklık olaylarının sıklığı ve büyüklüğündeki artış verimi etkileyen faktörlerdendir (Ciais & ark., 2005; Rosenzweig & ark., 2001). Olgunlaşma döneminin kısa olması, küçük tanelerin oluşmasına ve verimde düşüşlere neden olmaktadır (Ceglar & ark., 2018). Tane dolum döneminde 6°C ortalama sıcaklık artışının %10 verim kaybına yol açtığı (Thomson, 1966), 32°C'nin üzerindeki günlük maksimum sıcaklık dereceleri ile verim arasında negatif korelasyon olduğu bilinmektedir (Lobell & Burke, 2010).

Su Stresi ve Kuraklığın Mısır Bitkisinin Büyüme, Gelişme ve Ürün Oluşumuna Olası Etkileri

Mısır bitkisinin gelişiminde hayati öneme sahip en temel iklim faktörlerinden biriside sudur. Dünyada mısır bazı bölgelerde yağışa dayalı bazı bölgelerde ise sulanarak yetiştirilmektedir. Yağışa dayalı mısır tarımında yağışın yeterli olmadığı durumlarda ise ilave sulama gerekebilmektedir. Yağış rejiminde yaşanan değişikliklerin tarım üzerinde önemli etkisi vardır (Olesen & Bindi 2002). Atmosfer hareketlerinden dolayı iklim değişikliğinin bölgesel yağışlar üzerindeki etkisini tahmin etmenin zor olmasına karşın, kış aylarında meydana gelen yağışlarda genel bir düşüş öngörülmektedir (IPCC, 2007). Genel anlamda bazı bölgeler için yağışlarda düşüş bazılarında ise artış beklenmektedir (Christensen & ark., 2004). Artan sıcaklıkla beraber bitkide ve toprakta artan su kaybının 2070 ve sonrasında sulama miktarını %5-20 oranında arttıracağı öngörülmektedir (Döll, 2002).

Mısır bitkisi yetişme dönemi boyunca yetiştirildiği bölgeye, bölgenin iklim ve toprak koşullarına, ana veya ikinci ürün yetiştirilme durumuna göre maksimum ürün oluşumu için yaklaşık 600-900 mm arasında suya ihtiyaç duymaktadır (Öktem, 2008). Özellikle mısır bitkisinin çiçeklendiği yani koçan ve tepe püskülü çıkarma dönemleri ile süt olum döneminde bitkinin su ihtiyacı daha fazladır. Bu dönemlerde oluşacak su stresi verimde ciddi azalmalara neden olmaktadır (Öktem, 1999).

Yağışın yetersiz olduğu bölgelerde suyun dışardan karşılanması gerekmektedir. Çiçeklenme öncesi oluşabilecek su basması köklerde hastalıkların oluşumuna ve verimde önemli düşüşlere neden olabilir (Ramirez-Cabral & ark., 2017; Srinivasan & ark., 2004).

Yağışın dağılımındaki ve miktarındaki potansiyel değişiklikler, su kıtlığının yerel etkilerini daha da kuvvetlendirebilir (Farre & Faci, 2006). Örneğin Karadeniz Bölgesi genelinde mısır ekim alanlarının genişlemesi ve üretim deseninde bölgeler itibari ile değişiklikler ortaya çıkabilecektir (Dellal & ark., 2011).

Yağışlardaki azalma eğilimi, dünyanın tatlı su kaynaklarının en büyük tüketicilerinden biri olan tarım sektörü için ciddi sonuçlar doğurabilir. Örneğin, kurak ve yarı kurak bölgelerde tarım sektöründeki su ihtiyacı toplam su kullanımının yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır (Fereres & Soriano, 2006). İklim değişikliğiyle su dağıtımında yerel değişiklikler yapma potansiyeline ek olarak önümüzdeki on yıllarda su taleplerinin keskin bir şekilde artacağı tahmin edilmektedir (Farre & Faci, 2006).

Dünyada en fazla mısır üreten ülkeler Çin ve ABD'dir (FAO, 2022). Dünya mısır üretiminin yarısından fazlası bu ülkelerde gerçekleştiğinden iklim değişikliğinin ve özellikle su stresinin mısır gelişimi üzerine etkilerini öngörmek için birçok araştırma bu ülkelerde yoğunlaşmıştır (Phillips & ark., 1996; Rosenzweig & ark., 2002; Tan & Shibasaki, 2003). İklim değişikliği sonucu mısır veriminin olası etkilerini araştırmak için genellikle EPİK veya CERES-mısır modeli gibi simülasyon modelleri kullanılmaktadır (Lobell & Burke, 2010; Sales & ark., 2015; Matthews & ark., 2013; Rezaei & ark., 2015).

Zhang & ark. (2014) Çin'de iklim değişikliğinin mısır verimine etkilerini araştırdığı çalışmada, 2030-2050 yılları arasında mısır veriminin %13 düşeceğini bildirmiştir. Balderama & ark. (2016) Filipinler'de CERES modelini kullanarak 2050 yılı için yaptıkları çalışmada; verimin 2050 yılı için %35 azalacağı sonucuna ulaşmışlardır. Çukurova yöresinde WOFOST bitki modeli kullanılarak yapılan bir çalışmada sulama suyunun kısıtlı olması durumunda 1. ve 2. ürün mısır veriminde % 58 ve % 43.4 oranlarında azalma olacağı öngörülmektedir (Şen, 2009).

Sıcaklık ve kuraklığın birlikte arttığı durumlarda mısır veriminde daha fazla düşüş beklenmektedir. Li & ark. (2011) Çin'de 2030 yılı için mısır verimini tahmin etmeye çalıştıkları bir çalışmada; sıcaklığın 1.32 °C ve yağışın %30 arttığı senaryoda mısır veriminde %17 azalmanın,

sıcaklığın 1.32°C arttığı ancak yağışın %30 azaldığı durumda ise mısır verimin %18 azaldığını bildirmişlerdir. Roudier & ark. (2011) Batı Afrika'da yaptıkları çalışmada, sıcaklığın arttığı ve yağışın azaldığı durumda mısır veriminin %21 azaldığını, yağışın sabit kaldığı ve sıcaklığın arttığı durumda ise sadece sıcaklığın verimi %15 düşürdüğünü bildirmiştir. Afrika'da 8 yıl boyunca sürdürülen başka bir çalışmada ise, yağmurlu ve kurak koşullarda 30°C üzerindeki sıcaklıklarda tahıl veriminin sırasıyla %1 ve %1.7 azaldığı tespit edilmiştir (Lobell & ark., 2011).

Tesfaye ve ark., (2018) yaptığı çalışmada 1, 2 ve 4°C ortalama sıcaklık artışına kuraklık faktörününde eklendiği senaryoda mısır veriminin sırasıyla; 2.3, 1.6 ve 1.2 kat daha fazla olarak sırasıyla %25, %33 ve %50 oranında azaldığını belirtmiştir. ABD'de yapılan bir çalışmada 35 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, yağıştaki her 25.4 mm'lik azalma için verimin %9 azaldığı bildirilmiştir (Pryor & ark., 2013). Xu & ark. (2016) ABD'de yaptıkları çalışmada; 21. yüzyılın sonunda mısır veriminin sulama imkânı olsa bile %10-20 oranında azalacağını, her 1°C sıcaklık artışının mısır veriminde %6 verim kaybına neden olacağını öngörmüşlerdir. Lobell & Burke (2010) ise yaptıkları çalışmada, 2°C ortalama sıcaklık artışının, yağıştaki %20'lik bir düşüşten daha fazla mısır veriminde olumsuz etki yaratacağı sonucuna ulaşmıştır. Kucharik & Serbin (2008) yaptıkları araştırmada mısır büyüme mevsimi sıcaklığındaki her 1 °C artış için verimin %13 azaldığını, ancak yağışta ortalama 50 mm artışın ise verimi %5-10 arasında arttırdığını bildirmiştir. Bütün bu çalışmalar su stresinin mısır verimini sıcaklık artışından daha fazla olumsuz etkileyeceğini göstermektedir.

Projeksiyonlar Türkiye'nin hemen hemen her yerinde bitki büyüme mevsiminin günümüzden daha uzun süreceğini öngörmektedir. Bununla birlikte uzayan büyüme mevsimi, bitkiler için gerekli olan su ihtiyacını da artıracaktır. Bu dönemde bitkinin su isteği doğal yağışlarla karşılanamıyorsa sulama suyu ile karşılanması gerekecektir.

Yurdumuzun iç bölgeleri, yazları daha kurak olacağından bu bölgelerdeki mısır tarımı daha fazla veya tamamen sulamaya dayanacaktır. Ayrıca yaz mevsiminde mısırın yetişme mevsimi boyunca, yüksek sıcaklıklar, toprak suyunun buharlaşmasını hızla artırabilir. Bu nedenle su yeteri kadar sağlanmadığında, su eksikliği Orta ve Güney Anadolu'da mısır verimini etkileyen önemli bir sorun haline gelebilir. Sıcak hava dalgaları daha şiddetli, daha sık ve daha uzun olacağından yağmurla beslenen tarım alanları risk altında olabilir.

Su stresi, mısır bitkisinde tepe ve koçan püskül çıkış süresinin gecikmesine neden olarak çiçeklenme sürecini olumsuz etkiler (Barnabas & ark., 2008). Senkronize gelişim göstermeyen (farklı zamanlarda) polen ve koçan püskülleri çıkışı tozlaşmayı olumsuz etkiler (Moriondo & ark., 2011; Ceglar & ark., 2018). Yine tozlaşma döneminde artan sıcaklıklar polenlerde yüksek sıcaklıktan dolayı bozulmalara neden olur ve sağlıklı tozlaşma (stigmada çimlenme) sağlanamaz (Gourdji & ark., 2013). Tüm bu olumsuzluklar koçan üzerinde tane eksikliklerine neden olur. Döllenme olsa bile yüksek sıcaklıklar nedeniyle mısır tanelerine (endospreme) besin akışı olumsuz etkilendiğinden küçük ve içi boş tane oluşumuna neden olur (Wang & ark., 2009) ve verim düşüklüğü ortaya çıkar (Moriondo & ark., 2011; Ceglar & ark., 2018, Öktem, 1999).

Mısır yetiştiriciliğinde yağış rejiminde gözlenecek negatif değişiklikler, yüksek sıcaklıklarla birleşince toprak nemi azalarak bitkide su stresine yol açabilir. Metabolik olarak su stresine giren bitkilerde su kaybını en aza indirmek için absisik asit (ABA) salgılanarak stomalar yarı veya tam kapalı hale gelir. Stomaların kapanması neticesinde bitkide karbonhidrat üretimi için fotosentezde kullanılan CO_2 girişi olmadığı için fotosentez kısmen veya tamamen durabilir.

Kısa süreli su stresleri fazla olumsuzluğa yol açmamasına karşın, haftalar ve aylar süren su stresinde ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır (Challinor & ark., 2010; Lobell & ark., 2013; Anonim, 2010). Stomaların tamamen kapanmasıyla CO_2 girişi ve fotosentez durur ve bitki kuru madde üretemez. Aynı zamanda terleme ile topraktan su kullanımı (Crafts - Brandner & Salvucci, 2002) ve yaprak sıcaklığı da artar, bunun sonucunda toprakta kısıtlı olan su alımı güçleşir. Fotosentez olayı olumsuz etkilendiğinde, besin akışı durur ve mısır organlarında (genç yaprak ve sürgün, tohum)

hücre bölünmeleri, hücre farklılaşmaları ve gelişim süreçlerinde azalma meydana gelir (Wang & ark., 2009; Christopher & ark., 2008). Bitki fotosentezle kuru madde üretimi yapması yerine, sadece solunumla kuru madde tüketmeğe başlar, böylece verimde önemli ölçüde kayıplar ortaya çıkar.

İklim Değişikliğinin Bitki Hastalıklarına Olası Etkileri

Tükettiğimiz besinlerin %80'i, soluduğumuz oksijenin %98'i bitkiler tarafından üretilmektedir. Bizlere bu kadar faydalı olan bitkilerin %40'a yakını hastalık ve zararlıların etkisi altındadır. Hastalık ve zararlıların etkileri bazen ileri boyuta ulaşarak bitkisel üretimi ciddi anlamda kısıtlamakta ve insanlığı da olumsuz etkilemektedir. İrlanda'da 1840 yılında patates bitkisinde görülen mantar hastalığı bir milyona yakın insanın ölümüne ve göç etmelerine neden olmuştur. Günümüzde Afrika çöl çekirgelerinin istilası tarım alanlarını tahrip etmekte ve besin stokunun azalmasına neden olmaktadır. Bir kilometre kare alanı kaplayan küçük bir çekirge sürüsü bile günde 35 bin insanın tüketebileceği yiyeceği tüketebilirler (Anonim, 2018). İklim değişiklikleri hastalık ve zararlıların yer değiştirerek lokal alanlarda veya geniş alanlarda yayılmalarına imkan tanıyabilir.

Bir hastalığın ortaya çıkması için hastalık etkeni, hastalığa duyarlı organizma ve uygun çevre koşullarının oluşması gerekmektedir. Bu üç etkenden birinin veya birkaçının değişmesi hastalık oluşumunu etkiler. (Legrève & Duveiller, 2010). Hastalığın gelişimini etkileyen çevre koşulları sıcaklık, bağıl nem, yağmur ve güneş ışınlarıdır. İklim değişikliği ile sıcaklık, nem ve CO_2 değişikliği; hastalık etkeninin fizyolojisini, direncini, hastalığın ilerleme aşamalarını ve hızını etkileyebilmektedir (Zayan, 2019). İklim değişikliği ile sıcaklık ve nem düzeylerinde oluşacak farklılıklar hastalıkların yayılması hızlandırabilir, daha önce hiç görülmemiş veya nadir görülen hastalıkların ortaya çıkmasına neden olabilir. İklim değişikliği nedeniyle hastalık etmenlerinin gen yapısında değişiklikler olabilir veya popülasyonlar arasında gen alış-verişi sonucu hastalık direnci artabilir veya farklı bir forma dönüşebilir. Ayrıca iklim değişikliği hastalık çeşitliliğinde artışa, yeni formların ortaya çıkışına neden olabilir (Naveenkumar & ark., 2018).

İklim değişikliği nedeniyle oluşacak sıcaklık artışı hastalık etmenlerinin yayılım göstermesi için olumlu bir ortam sunar. Sıcaklığın artması patojenlerin üremesine, gelişmesine ve yayılmasına uygun zemin hazırlar. Sıcaklık artışı ile patojenlerin gelişimleri ve hastalık oluşturma kabiliyetleri artarak daha geniş coğrafyalara dağılmalarını kolaylaştırır ve hızlandırır. Artan sıcaklıklar mantar sporlarının çimlenmesini ve çoğalmasını artırarak yapraklarda pas ve yaprak lekesi hastalıklarının artışına neden olur. Ayrıca sıcaklık artışı bazı bakteriyel hastalıkların ortaya çıkmasında ve yayılım göstermesinde önemli bir faktördür (Akbaş, 2018).

Yüksek sıcaklıklar atmosferdeki hava hareketleri nedeniyle ani yağışlara da neden olmaktadır. Yağışlar bitki gelişimi ve ürün oluşumu için olumlu bir durum olsa da bitki hastalıklarının çoğalması bakımından olumsuz bir durumdur. Sıcaklık artışı ve nem biraraya geldiğinde bitki kök hastalıkları, pas hastalıkları, yaprak yanıklığı gibi bakteriyel ve fungal birçok hastalığın artmasına neden olmaktadır. Sıcaklığın artması ile oluşacak kurak koşullarda ise bitkilere virüslerin bulaşma ve çoğalması kolaylaşmaktadır. Değişen iklim koşullarında bu tür hastalıklara karşı daha fazla pestisit kullanımı gündeme gelebilir. Bu durumun ürün maliyetini artırması yanında ürün ve toprakta kalıntı oluşmasına, hastalık ve zararlıların zaman içerisinde pestisitlere karşı dayanıklılık ve bağışıklık kazanmalarına neden olacaktır.

İklim Değişikliğinin Bitki Zararlılarına Olası Etkileri

Böcekler vücut sıcaklıklarını muhafaza etmek için enerji harcamadıklarından ortam sıcaklığı böceklerin davranışını, dağılımını, gelişimini, beslenmesini ve üremesini etkileyen önemli bir faktördür (Naveenkumar & ark., 2018). Daha sıcak iklim koşulları birçok böcek türünün daha fazla sayıda üreme döngüsü oluşturması nedeniyle böcek ve zararlı popülasyonunun artması için elverişli bir ortam oluşturur (Cammel & Knight, 1992). İklim değişikliği nedeniyle kış sıcaklıklarının arttığı

bölgelerde özellikle soğukla kısıtlanan zararlıların kışı daha kolay geçirebilmelerine, kışlama alanlarının genişlemesine ve sayılarının artmasına etki ederek bir sonraki yıl bitkilerde daha fazla ve daha erken zarar oluşturmalarına neden olabilir (Patterson & ark., 1999). Bu durum böceklerde bir yılda birden fazla nesil oluşumuna ve bunların potansiyel etkilerinin artacağı anlamına gelmektedir (Cannon, 1998). Önümüzdeki yüzyılda kış mevsiminin yaklaşık bir ay kısalması beklentisi, böceklerin ilkbaharda daha erken ortaya çıkarak ve daha fazla sayıda döl vermesi neticesinde mücadelenin daha da zorlaşacağı göstermektedir (Deutsch, 2018; Kozak & ark., 2019).

Ortalama sıcaklıkta yaşanacak değişimler doğrudan böcek aktivitesini etkilemektedir (Anonim, 2018). Yapılan bir çalışma 2°C ortalama sıcaklık artışının böcek popülasyonunu 2-5 kat arttırdığını göstermiştir (Petzoldt & Seaman, 2005). Böcekler şu an üretilen ürünün %5-20'sini tükettikleri düşünüldüğünde gelecekte sıcaklık artışıyla bu oranın daha da artacağı beklenebilir (Riegler, 2018). Ilıman bölgelerde yetişmesinden dolayı en fazla böcek zararı ve verim kaybının buğday, mısır ve çeltik bitkilerinde olacağı tahmin edilmektedir. Ortalama sıcaklıkta yaşanacak her 1°C artışın haşere zararını artırması nedeniyle bu ürünlerde %10-25 oranında, her 2°C artışın ise buğday, pirinç ve mısır bitkilerindeki haşere nedeniyle ürün kayıplarının sırasıyla %46, %19 ve %31 oranında arttıracağı bildirilmiştir (Deutsch & ark., 2018).

Sıcaklık artışı ile böceklerin üremelerinin hızlanması ve metabolik aktivitelerinin hızlanması sonucu iştahlarının artması ile daha obur ve daha çok üreyen böcekler görülebilecektir. Bu nedenden dolayı gelecekte böceklerden kaynaklanan mahsul kayıplarının artması beklenmektedir (Deutsch, 2018).

Mısır üretiminde böcek zararından kaynaklanan kayıplar ile bu zararlılar ile mücadeleye harcanan girdiler en önemli maliyet kalemini oluşturmaktadır (Oerke & ark., 1994). Dünya üzerinde mısır bitkisine zarar veren 90'dan fazla böcek türü bulunmaktadır (Metcalf, 1986). Ayrıca böcek zararının etkisiyle bitkilerin dokularında oluşan emgi yerlerinde mantar kökenli hastalıklar da artışı gözlenmektedir (Dowd, 1992).

İklim değişikliği sonucunda oluşacak sıcaklık artışı ve kuraklığın artan böcek aktivitesi neticesinde hasarların boyutu ve şiddetini arttırabileceği; bu durumda mısır bitkisinde aflatoksin, fumonisin ve mikotoksinlerin artacağı, böcek hasarlarının neden olduğu hastalıkların artacağı, farklı coğrafyalara da bulaşmalara neden olabileceği belirtilmektedir (Bale & ark., 2002).

İklim değişikliği bitkilerde hastalık ve zararlı nüfusunu, hayatta kalma oranını ve zararlıların coğrafi dağılımını etkilemektedir (Zvereva, 2006). Ancak tüm bu olumsuzluklara rağmen zararlı böceklerin artışına bağlı olarak predatör (avcı) böceklerin nüfusunun da artması ile böcek sayıları kontrol altında tutulabilir. Ayrıca birçok böceğin yaşamlarına devam edebilmeleri için birçok bakteri ile simbiyotik yaşam içinde oldukları ve bu bakterilerin yüksek sıcaklıklara dayanımlarının güç olduğu düşünüldüğünde, gelecek için bir iyimserlik olabilir (Ramankutty, 2018).

İklim Değişikliğinin Yabancı Ot Popülasyonuna Etkisi

İklim değişikliği ile sıcaklık ve nem artışına paralel olarak nemli ve sıcak bölgelerde birçok yabancı ot popülasyonunda artışlar olacağı beklenmektedir (USGCRP, 2009). Yabancı ot bitkilerinin çoğunun C3 bitkisi olması nedeniyle mısır, sorgum, şeker kamışı gibi C4 bitkilerine karşı rekabet etme gücünün daha yüksek olduğu ve mevcut herbisit formülasyonlarının yabancı ot ve zararlılara karsı etkin bir şekilde çalışmayabileceği belirtilmektedir (Ziska & ark., 2007). Ayrıca herbisitlere karşı yabancı otların dayanıklılık ve bağışıklık kazanma ihtimali bulunmaktadır.

İklim Değişikliğinin Ekim Tarihine Etkisi

İklim değişikliği dünya üzerindeki her yerde mısır verimi üzerinde aynı olumlu ya da olumsuz etkiye neden olmayacaktır. Sıcaklık artışı tarımsal uygulamaları değiştirecektir. Kuzey yarım kürede

yüksek rakımlı alanlarda sıcaklığın artması ile birlikte büyüme sezonunun her 10 yılda 1.2 ile 3.6 gün arasında uzayacağı öngörülmektedir (Gitay & ark., 2001). Gelecekte sıcaklık arttıkça ekim tarihleri, çeşit kullanımı ve çeşitlerin ekilme coğrafyalarının değişimleri daha belirgin hale gelecektedir (Deryng & ark., 2006; Liu & ark., 2013).

Sıcaklığın artması genelde bitki gelişimini hızlandırken, vejetasyon süresini kısaltarak bitkinin daha hızlı olgunlaşarak verimin düşmesine, yabancı ot, hastalık ve zararlıların artmasına neden olmaktadır (Lin & ark., 2017). Yükselen sıcaklıkların mısır bitkisinde erken çiçeklenmeye ve olgunluk süresinin kısalmasına neden olduğu ancak sıcaklığa dayanıklı ve uzun vejetasyon süresine sahip çeşitlerin kullanılmasıyla durumun tolere edilebileceği belirtmektedir (Xiao & ark., 2016).

Yapılan bir çalışmada erken ekim ile mısır bitkisi veriminin %4 arttığı ve vejetasyon süresi uzun olan bitkilerin yetiştirilmesiyle son 27 yılda verimin %13-38 arttığı, bu sayede iklimde yaşanan olumsuzlukların erken ekimle telafi edilebildiği belirtilmektedir (Liu & ark., 2013). Erken ekimle daha erken tane dolum döneminin başlaması ve tahıl dolum döneminin daha uzun olması sağlanmış olmaktadır (Wolf & Diepen, 1995). Tane dolum döneminin uzaması ise bitkinin daha fazla kuru madde üreterek birim alan veriminin ve üretimin artmasına neden olacaktır.

Mısır bitkisi için iklim değişikliği zararlarının azaltılmasında ekim tarihi önemli bir faktör olacaktır. Nitekim 21. yüzyılın ortalarında mısır bitkisi veriminin %11.5-13.5 oranında azalacağı, buna karşın uygun çeşit kullanımı ile verimin %6 arttığı, en iyi çeşit ve en iyi ekim tarihi ile verimin %15 arttığı belirtilmektedir (Lana & ark., 2016). Kısa büyüme mevsiminin hâkim olduğu bölgelerde erken ekimin mısır verimine olan katkısı daha fazla olmaktadır (Kucharik, 2008). Lin & ark., (2017) Çin'de yaptığı çalışmada 15 gün geç ekimle verimin %6.9 azaldığını, 15 gün erken ekimle ise verimin %15.9 arttığını belirtmişlerdir.

Yapılan bir diğer çalışmada mısır bitkisinin 2050 ve 2080 yıllarında veriminin %11.45 ve %37.63 oranında azalacağı, erken ekim tarihinde iklim değişikliğinin etkilerinin daha az olacağı, geç ekimlerde sulama miktarı ve sayısının arttırılmasıyla verim düşüklüğünün telafi edileceği belirtilmektedir (Moradi & ark., 2013).

İklim Değişikliklerinin Olumsuz Etkilerinden Korunma Stratejileri

Küresel iklim değişiminin olumsuz etkilerini azaltmaya ve onlarla baş etmeye yönelik çalışmalara genel anlamda "uyarlama" çalışmaları denilir (UNFCCC, 2011, 2012). İklim değişikliğine uyarlama, iklim değişikliğinin negatif etkilerinin azaltılması için doğru önlemler almayı zorunlu kılmakla birlikte fırsatlardan da yararlanmayı amaçlamaktadır.

İklim değişikliğine uyarlama; iklim olaylarının (risklerinin) etkileriyle mücadele etmek, fırsatlardan fayda sağlamak ve etkileri yönetebilmek için stratejilerin güçlendirilmesi, geliştirilmesi ve uygulanması sürecidir (IPCC, 2012).

Tahıl ekim alanı bakımından ülkemizde önemli bir yer kaplayan Orta ve İç Anadolu Havzalarında üretimin büyük kısmı sulanmayan alanlarda kuru şartlarda yapılmakta olduğu için daha kurak geçmesi beklenen gelecek yıllarda tarımsal üretim önemli derecede azalacaktır. Özellikle iklim şartlarındaki değişimin en çok etkilediği ve kuru tarımın yoğun olarak yapıldığı orta Anadolu illerimizin iklim değişikliğinden önemli derecede etkilenmesi beklenmelidir.

Gelecekte mısır bitkisinin değişen iklime adapte olabilmesi için yapılan bilimsel çalışmaların %47'si ekim tarihinin değiştirilmesini, %31'i yeni çeşitlerin kullanılmasını ve %3'ü sulama yönetiminin düzeltilmesini tavsiye etmektedir. Ayrıca toprak ve besin yönetimi de tavsiyeler arasında bulunmaktadır (Kogo & ark., 2019). Mısır bitkisinde verim kaybına neden olmadan %20 oranında su kısıntısı yapılabileği belirtilmektedir (Öktem & ark., 2003; Öktem, 2008).

Uzun süreler boyunca mısırda ürün verimliliğinin etkilendiği durumda, mevcut yöntemlere değişiklikler getirilmesi, alternatif ekim sayısının artırılması sisteme daha fazla esneklik katabilir (Deressa & ark., 2009). İklim değişikliği nedeniyle oluşacak kuraklık dönemleri ve şiddetli yağışlar gibi extern iklim olaylarıyla mücadelede bir sezonda çok değişik sayıda mısır ekimi yapabilir (Chapman & ark., 2003).

Ekim tarihleri ile gübreleme oranlarında değişikliğe gidilmesi iklim değişikliği ile başa çıkmanın en basit iki yolu olduğuna inanılmaktadır. Bunlara ilave olarak daha az su ile en azından aynı verimi alabileceğimiz iklim dostu yeni çeşit geliştirme çalışmaları, sulama verimliliği çalışmaları, su kısıntısı çalışmaları, ekim zamanı, kuraktan kaçırma gibi çalışmalar gündemimizde olmalıdır.

Kurağa dayanıklı genotiplerin belirlenmesi, bitkilerde su kısıntısı çalışmaları yapılarak kritik su düzeylerinin ve kritik bitki gelişme dönemlerinin tespit edilmesi, koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim gibi kuraklığın etkisini azaltıcı ve topraktaki suyun muhafaza edilmesini sağlayan uygulamaların ve sonuçlarının belirlenmesi öncelikli olmalıdır.

Kuraklıktan daha az etkilenmek için erkenci-verimli çeşitlerin tespiti, moleküler karakterizasyon çalışmaları ile kurağa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, yerel gen kaynaklarının toplanması, karakterizasyonu, bu genotiplerin gen bankalarına kazandırılması, kuraklığa ve diğer stres faktörlerine dayanıklılık için bu materyallerin ıslah çalışmalarında kullanılması ana hedef olmalıdır.

İklim değişikliğine karşı gelecekteki bitki tipinin; erken olgunlaşan, çiçeklenme ve tane dolum dönemlerinde sıcaklığa ve özellikle kuraklığa toleranslı, hastalık ve zararlılara karşı dirençli, savunma mekanizması güçlü, sıcak ve kuraktan kaçan, gübre kullanım verimliliği yüksek, herbisit direnci yüksek, abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı dirençli olması ana hedef olmalıdır.

KAYNAKÇA

AGRA (2014). *Africa agriculture status report:* Climate change and smallholder agriculture in sub-Saharan Africa (No:2). Nairobi.

Aggarwal, P.K., Kalra, N. & Chander, S. (2006). A dynamic simulation model for the assessment of crop yields, losses due to pests, and environmental impact of agro-ecosystems in tropical environments. *I. Model description Agric Syst, 89*, 1-25.

Akbaş, B. (2018). İklim Değişikliği Bitki Hastalıklarının Artmasına Neden Oluyor (Effect of Climate Change on Plant Diseases). https://www.researchgate.net/publication/328138423_Iklim_Degisikligi_Bitki_Hastaliklarinin_Artmasina_Neden_Oluyor_Effect_of_Climate_Change_on_Plant_Diseases /references (Erişim Tarihi: 28.10.2022).

Alexander, L.V., Zhang, X. & Hegerl, G. (2016). Seneviratne Implementation Plan for WCRP Grand Challenge on Understanding and Predicting Weather and Climate Extremes – the Extremes Grand Challenge. Version, June 2016 available from:https://www.wcrp-climate.org/images/documents/grand_challenges/WCRP_Grand Challenge_Extremes_ Implementation_Plan_v20160708.pdf.

Alexandratos, N. & Bruinsma, J. (2012). World Agriculture Towards 2030/2050. The 2012 Revision. ESA Working paper No. 12–03. Rome, FAO; 2012. Available: www.fao.org/economic/esa.

Anonim (2010). America's Climate Choices: Panel on Advancing the Science of Climate Change; National Research Council. Washington, D.C.: The National Academies Press. ISBN 978-0-309-14588-6. Archived from the original on 29 May 2014.

Anonim (2018). https://www.washington.edu/news/2018/08/30/climate-change-insects-crops/ (Erişim Tarihi: 14.10.2022).

Anonim 2020a https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0klim (Erişim Tarihi: 31.09.2022).

Anonim (2020b). https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change_(general_concept) (Erişim Tarihi: 31.10.2022).

Bale, J.S, Masters, G.J, Hodkinson, I.D, Awmack, C. & Bezemer, T.M (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperatures on insect herbivores. *Global Change Biol. 8*, 1-16.

Bannayan, M., Paymard, P. & Batool, A. (2016). Vulnerability of maize production under future climate change: possible adaptation strategies. *J Sci Food Agric 96,* 4465–4474.

Barnabás, B., Jäger, K. & Fehér, A. (2008). The effect of drought and heat stress on eproductive processes in cereals *Plant Cell Environ. 31,* 11-38. DOI: 10.1111 / j.1365-3040.2007.01727.

Bates, B.C, Kundzewicz, Z.M., Wu S. & Palutikof, J.P. (2008). Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC.

Birch, C., Robertson, M., Humphreys, E. & Hutchins, N. (2003). Agronomy of maize in Australia: in review and prospect. Versatile Maize-Golden Opportunities: 5th Australian Maize Conference, 45–57.

Cairns, J.E. (2013). Identification of Drought, Heat, and Combined Drought and Heat Tolerant Donors in Maize. *Crop science 53*(4), 1335-1346.

Cairns, J.E., Sonder, K., Zaidi, P.H., Verhulst, N., Mahuku, G., Babu, R., Nair, S.K, Das, B., Govaerts, B., Vinayan, M.T., Rashid, Z., Noor, J.J., Devi, P., Vicente, F.S. & Prasanna, B.M. (2012). Maize production in a changing climate:impacts, adaptation, and mitigation strategies. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123942753000067.

Chapman, S. C., Cooper, M., Podlich, D., & Hammer, G.L. (2003). Evaluating plant breeding strategies by simulating gene action and dryland environment effects. *Agronomy Journal, 95*(1), 99–113.

Cammel, M.E. & Knight, J.D. (1992). Effects of climatic change on the population dynamics of crop pests. Adv. *Ecol. Res. 22,* 117–162.

Cannon, R. J. C. (1998). The implications of predicted climate change for insect pests in the UK, with emphasis on non-indigenous species. *Global Change Biol. 4* (7), 85–96.

Castillo, A. C. (2016). Efeito das mudanças climáticas sobre a demanda de água para irrigação e o rendimento de grãos da cultura da soja na bacia do rio Potiribu. MS thesis. Porto Alegre, RS, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Challinor, A.J, Simelton, E.S, Fraser, EDG, Hemming, D. & Collins, M. (2010). Increased crop failure due to climate change: assessing adaptation options using models and socio-economic data for wheat in China. Environ Res Lett. 5. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/5/3/034012/meta.

Ceglar, A., Toreti, A., Prodhomme, C., Zampieri, M., Turco, M. & Doblas-Reyes, F. J. (2018). Land-surface initialisation improves seasonal climate prediction skill for maize yield forecast. *Scientific Reports, 8*(1), 1–9.

Christensen, N.S., Wood, A.W., Voisin, N., Lettenmaier, D.P. & Palmer, R.N. (2004). The effects of climate change on the hydrology and water resources of the Colorado River Basin. *Climatic Change 62,* 337-363.

Christopher, J., Kucharik, S. & Serbin, P. (2008). Impacts of recent climate change on Wisconsin corn and soybean yield trends" Environ. Res. Lett. 3 (July-September 2008) 034003 doi:10.1088/1748-9326/3/3/034003.

Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogee, J., Allard, V., Aubinet, M., Buchmann, N., Bernhofer, C., Carrara, A., Chevallier, F., De Noblet, N., Friend, AD., Friedlingstein, P., Grunwald, T., Heinesch, B., Keronen, P., Knohl, A., Krinner, G., Loustau, D., Manca, G., Matteucci, G., Miglietta, F., Ourcival, JM., Papale, D., Pilegaard, K., Rambal, S., Seufert, G., Soussana, JF., Sanz, MJ., Schulze, ED., Vesala, T. & Valentini, R. (2005). Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature* 437, 529–533.

Cline,. W. (2007). Global Warming and Agriculture Impact Estimates by Country, Center for Global evelopment. DOI: 10.18783/cddj.v002.i01.a02.

Crafts-Brandner, S. J. & Salvucci, M. E. (2002). Sensitivity of photosynthesis heat stress in a C4 plant, maize to heat stress, *Plant Physiology, 129*(4), 1773–1780.

Çelik, Y. & Karakayacı, Z. (2007). Küresel iklim değişiklerinin Konya tarımına olan etkileri üzerine bir inceleme. *Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı*. Bildiriler Kitabı, Konya, 23-34.

Çölkesen, M., Öktem, A., Akıncı, C., Gül, İ., İri, R. & Kaya, Y. (1997). Şanlıurfa ve Diyarbakır koşullarında bazı mısır çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının verim ve verim komponentleri üzerine etkisi. *Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi*, 22-25 Eylül, s:139-142a, Samsun.

Dellal, İ., McCarl, B.A. & Butt, T. (2011). The Economic Assessment of Climate Change on Turkish Agriculture, *Journal of Environmental Protection and Ecology, 1*2(1), 376-385.

Deressa, TT., Hassan, RM., Ringler, C., Alemu, T. & Yesuf, M. (2009). Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Global Environmental Change, 19*(2), 248-255.

Deryng, D., Sacks, W.J., Barford, C.C. & Ramankutty, N. (2011). Simulating the effects of climate and agricultural management practices on global crop yield. *Global Biogeochem. Cycles 25*, doi:10.1029/2009GB003765.

Deutsch, C.A. (2018). https://www.bbc.com/news/science-environment-45358643 (Erişim Tarihi: 14.08.2022).

Deutsch, C.A., Tewksbury, J.J., Tigchelaar, M., Battisti, D.S., Merrill, S.C., Huey, R.B. & Naylor, R.L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science, 361*(6405), 916-919. DOI: 10.1126/science.aat3466.

Dowd, P.F. (1992). *Insect interactions with mycotoxin-producing fungi and their hosts.* In insect interactions with mycotoxin-producing fungi and their hosts (D Bhatnagar, EB Lillehoj and DK Arora, Eds.), Marcel Dekker, New York, USA, pp. 137-155.

Döll, P. (2002). Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective. *Clim. Change 54,* 269–293 (doi:10.1023/A:1016124032231).

Edmeades, G.O. (2013). Progress in Achieving and Delivering Drought Tolerance in Maize – An Update. Int. Serv. Acquis. Agri-biotech Appl. ISAAA. https://pdfs.semanticscholar.org/ec84/39d8a5d29b08ba24d82e7d43e8a5eeb7310d.pdf.

Emeklier, H.Y. (2011). *Tarla Bitkileri* (Düzeltilmiş İkinci Baskı). Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1588,: 81 III. 2. Sıcak İklim Tahılları 216-221 s, Ankara. ISBN:978-605-136-004-01.

FAO (2022). Crop Information: Maize, http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_maize.html.

Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F.N. & Velhuizen, H. (2005). Socio-economic and climate change impacts on agriculture: An integrated assessment, 1990–2080. Philosophical Transactions of the Royal Society B: *Biological Sciences 360:* 2067–2083.

Gitay, H., Brown, S., Easterling, W. & Jallow, B. (2001). Ecosystems and their goods and services. In: JJ McCarthy, OF Canziani, NA Leary, DJ Dokken, and KS White (eds) Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the 3.

Gourdji, S. M., Sibley, A. M. & Lobell, D.B. (2013). Global crop exposure to critical high temperatures in the reproductive period: Historical trends and future projections. *Environmental Research Letters, 8*(2), 1–10.

Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clarr, R., Camp, J., Willett, K. & Wiltshire, A. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. Philosophical Transactions of the Royal Society, B: *Biological Sciences, 365*(1554), 2973–2989.

Hawkins, E., Fricker, T. E., Challinor, A. J., Ferro, C. A., Ho, C. K. & Osborne, T. M. (2013). Increasing influence of heat stress on French maize yields from the 1960s to the 2030s. *Global Change Biology, 19*(3), 937–947.

Hoogenboom, G. (2000). Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. *Agric Forest Meteorol, 103*, 137-157.

Howden, S.M. & Leary, G.J. (2005). Evaluating options to reduce greenhouse gas emissions from an Australian temperate wheat cropping system. *Environ Modell Software, 12*, 169-176.

IPCC (2007). Climate change: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Pres.

IPCC (2012). Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 3-21.

IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Iqbal, MM, Goheer, MA. & Khan, AM. (2009). Climate-change aspersions on food security of Pakistan. *Sci Vis. 15,* 15–23.

Jones, P.A., & Jiusto, J.E. (1980). Some Local Climate Trends in Four Cities of NY State. *J. Appl. Meteor., 19,* 135-141.

Kadıoğlu, M., Ünal, Y., İlhan, A. & Yürük, C. (2017). *Türkiyede iklim değişikliğ ve tarımda sürdürülebilirlik.* Türkiye gıda ve içecek sanayi dernekleri federasyonu yayınları. s:168, Ankara.

Kırtok Y. (1998). *Mısır Üretimi ve Kuralları.* Kocaoluk Yayınevi. İstanbul.

Kogo, B. K., Kumar, L., Koech, R. & Langat, P. (2019). Modelling Impacts of Climate Change on Maize (Zea mays L.) Growth and Productivity: A Review of Models, Outputs and Limitations. *Journal of Geoscience and Environment Protection, 7,* 76-95. ISSN Online: 2327-4344 DOI: 10.4236/gep.2019.78006.

Kozak, G.M., Wadsworth, C.B., Kahne, S.C., Bogdanowicz, S.M., Harrison, R.G., Coates, B.S. & Dopman, E.B. (2019). Genomic basis of circannual rhythm in the European corn borer moth. Current Biology (October 10, 2019) https://www.biorxiv.org/content/10.1101/633362v1.full.

Kucharik, C.J & Serbin, S.P. (2008). Impacts of recent climate change on Wisconsin corn and soybean yield trends. Environ Res Lett. 3: 034003.https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/3/3/034003/meta.

Lal, B., Stewart, N. & Uphoff. (2005). Climate change and global food security, CRC Press, Boca Raton (FL), pp.113-143. https://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-85015062078&partnerID =10&rel=R3.0.0.

Lana, M. A., Eulenstein, F., Schlindwein, S., Guevara, E., Meira, S., Wurbs, A. & Bonatti, M. (2016). Regionalization of Climate Scenarios Impacts on Maize Production and the Role of Cultivar and Planting Date as an Adaptation Strategy. *Regional Environmental Change, 16,* 1319-1331. https://doi.org/10.1007/s10113-015-0860-8.

Legrève, A. & Duveiller, E. (2010). *Prevailing potential disease and pest epidemics under a changing climate.* In climate change and crop production, CABI press, Europe, pp. 263-283.

Li, X., Takahashi, T., Suzuki, N. & Kaiser, H.M. (2011). The impact of climate change on maize yields in the United States and China. *Agricultural Systems 104*: 348–353.

Lin, Y., Feng, Z., Wu, W., Yang, Y., Zhou, Y. & Xu, C. (2017). Potential Impacts of Climate Change and Adaptation on Maize in Northeast China. *Agronomy Journal, 109,* 1476-1490. https://doi.org/10.2134/agronj2016.05.0275.

Liu, J. G., Mahoney, K. J., Sikkema, P. H., & Swanton, C. J. (2009). The importance of light quality in crop-weed competition. *Weed Research, 49,* 217–224. https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2008.00687.x

Liu, Z., Hubbard, K.G., Lin, X. & Yang, X. (2013). Negative effects of climate warming on maize yield are reversed by the changing of sowing date and cultivar selection in Northeast China. *Glob Change Biol, 19:* 3481-3492. doi:10.1111/gcb.12324.

Lobell, D.B. & Burke, M.B. (2010). On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. *Agriculture and Forest Meteorology, 150,* 1443-1452.

Lobell, D.B. & Field, C.B. (2007). Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. Environ. Res. Lett. 2: 014002. doi: 10.1088/1748-9326/2/1/014002.

Lobell, D.B., Bänziger, M., Magorokosho, C. & Vivek, B. (2011). Nonlinear heat effects on African maize as evidenced by historical yield trials. *Nature Climate Change, 1*(1), 42–45.

Lobell, D.B., Hammer, G.L., McLean, G., Messina, C., Roberts, M. J. & Schlenker, W. (2013). The critical role of extreme heat for maize production in the United States. *Nature Climate Change, 3(5)*, 497– 501. https://doi.org/10.1038/nclimate1832.

Luo, Q. (2011). Temperature thresholds and crop production: a review. *Climatic Change, 109(*3-4), 583-598.

Maldaner, LJ., Horing, K., Schneider, JF., Frigo, JP., Azevedo, KD. & Grzesiuck AE. (2014). Exigência agroclimática da cultura do milho (Zea mays). *Rev Bras de Energ Renov. 3,* 13-23.

Matthews, R.B., Rivington, M., Muhammed, S., Newton, A.C. & Hallett, P.D. (2013). Adapting crops and cropping systems to future climates to ensure food security: the role of crop modelling. *Glob. Food Sec. 2,* 24-28.

Mearns, L.O., Mavromatis, T., Tsvetsinskaya, E., Hays, C. & Easterling, W. (1999). Comparative responses of EPIC and CERES crop models to high and low spatial resolution climate change scenarios. *Journal of Geophysical Research- Atmospheres, 104(D6*), 6623–6646.

Metcalf, R.L. (1986). *Foreword Methods for the Study of Pest Diabrotica*. Ed. T L Krysa and T A Miller, New York: Springer.

Moradi, R., Koocheki, A. & Nassiri Mahallati, M. (2013). Adaptation strategies for maize cultivation under climate change in Iran: irrigation and planting date management. *Mitig Adapt Strateg Glob Change 18*, 265–284. https://doi.org/10.1007/s11027-012-9410-6.

Moriondo, M., Giannakopoulos, C. & Bindi, M. (2011). Climate change impact assessment: the role of climate extremes in crop yield simulation. *Clim Change. 104,* 679–701. https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-010-9871-0.

Naveenkumar, KL., Sen, D. & Khanna, VK. (2018). Effect of Maize Production in a Changing Climate: Its Impacts, Adaptation, and Mitigation Strategies through Breeding. College of Post Graduate Studies, Central Agricultural University, India. Doi 10.32474/OAJOM.2018.02.000142.

Oerke, E.C, Debne, H.W., Schonbeck, F. & Weber, A. (1994). *Crop Production and Crop Protection* Amsterdam, Elsevier.

Olesen, J.E. & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *Eur. J. Agron. 16*, 239–262 (doi:10.1016/S1161-0301(02)00004-7).

Öktem, A. (1997a). GAP bölgesi mısır yetiştiriciliğinde karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1*(1):65-74.

Öktem, A. (1997b). GAP Bölgesinde mısır üretim olanakları. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1*(2):113-122.

Öktem, A. (1999). GAP bölgesinde iklim faktörlerinin mısır yetiştiriciliğine etkileri. *GAP I. Tarım Kongresi,* 26-28 Mayıs, Cilt II, s:743-750, Şanlıurfa, 1999.

Öktem, A. (2008). Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of drip-irrigated sweet corn in sustainable agricultural systems. *Agricultural Water Management, 95*(9), 1003-1010.

Öktem, A., Şimşek, M., Öktem, A.G. (2003). Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region. I. Water-yield relationship. *Agricultural Water Management, 61*(1), 63-74.

Öktem, A.G., Öktem, A. (2020). Impact of Vermicompost to Dent Corn (*Zea mays* L. *indentata*). *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research 4* (1), 48-55. https://doi.org/10.29329/ijiaar.2020.238.6.

Öztürk, İ. (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Hidrolojik Modelleme ve Değerlendirme Sunumu, 19 Temmuz 2016 T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı Ankara.

Pandey, S., Bhandari, H. & Hardy, B. (2007). Economic costs of drought and rice farmers' coping mechanisms: a cross-country comparative analysis. IRRI. International Rice Res. Inst. P.203.

Parry, M.L. (2000). *Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe.* The Europe ACACIA Project. Jackson Environment Institute, Univer- sity of East Anglia, Norwich, UK.

Patterson, D.T., Westbrook, J.K., Joyce, RJV., Lingren, PD. & Rogasik, J. (1999). Weeds, insects and diseases. *Clim. Change 43*, 711–27.

Petzoldt, C. & Seaman, A (2005). Climate change effects on insects and pathogens. Climate Change and agriculture: promoting practical and profitable responses.

Phillips, D.L., Lee, J.J. & Dodson, R.F. (1996). Sensitivity of the US corn belt to climate change and levated CO2: I. Corn and soybean yields. *Agricultural Systems 52,* 481–502.

Porter, J.R. & Gawith, M. (1999). Temperatures and the growth and development of wheat: a rev.. Eur. *J. Agron. 10*, 23–36.

Pryor, SC., Barthelmie, RJ. & Schoof, JT. (2013). High-resolution projections of climate-related risks for the Midwestern USA. *Clim Res. 56,* 61–79.

Ramankutty, N. (2018). https://www.theatlantic.com/science/archive/2018/08/climate-change-insects-crops/568978/ (Erişim Tarihi: 22.09.2022).

Ramirez-Cabral, N.Y.Z., Kumar, L. & Shabani, F. (2017). Global alterations in areas of suitability for maize production from climate change and using a mechanistic species distribution model (CLIMEX). Sci Rep 7: 5910. https://doi.org/10.1038/s41598-017-05804-0.

Ranum, P., Peña-Rosas, J. P. & Garcia-Casal, M.N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1312*(1), 105–112. https://doi.org/10.1111/nyas.12396.

Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C. & Foley, J. A. (2013). Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *Plos One, 8*(6). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428.

Rezaei, E.E. Webber, H. Gaiser, T. Naab, J. & Ewert F. (2015). Heat stress in cereals: mechanisms and modelling *Eur. J. Agron., 64,* 98-113.

Riegler, M. (2018). Insect threats to food security. *Science, 361(6405),* 846-846. https://doi.org/10.1126/science.aau7311.

Roudier, P. Sultan, B. Quirion, P. & Berg, A. (2011). The impact of future climate change on West African crop yields: what does the recent literature say? *Glob. Environ. Chang. 21*, 1073-1083.

Rosenzweig, C., Tubiello, F.N., Goldberg, R., Mills, E. & Bloomfield, J. (2002). Increased crop damage in the US from excess precipitation under climate change. *Global Environmental Change 12,* 197–202.

Rowhani, P., Lobell, D.B., Linderman, M. & Ramankutty, N. (2011). Climate variability and crop production in Tanzania. *Agric. For. Meteorol., 151*, 449-460.

Sales, D. C., Costa, A. A., Silva, E. M., Vasconcelos Júnior, F. C., Cavalcante, A. M. B. & Medeiros, S. (2015). Projeções de mudanças na precipitação e temperatura no nordeste brasileiro utilizando a técnica de downscaling dinâmico. *Revista Brasileira de Meteorologia, 30(4*), 435–456. http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620140075.

Sánchez, B., Rasmussen, A., & Porter, J. R. (2014). Temperatures and the growth and development of maize and rice: A review. *Global Change Biology, 20(2),* 408–417. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.12389 (Erişim tarihi: 27.03.2020).

Schoper, JB., Lambert, RJ. & Vasilas, BL. (1987). Pollen viability, pollen shedding, and combining ability for tassel heat tolerance in maize. *Crop Sci 27(1)*, 27-31.

Sayılğan, Ç. (2016). Küresel Sıcaklık Artışının Buğdayda Beklenen Etkileri ve Yüksek Sıcaklığa Toleranslılığın Fizyolojik Göstergeleri, *YYÜ Tar Bil Derg., 26(3*), 439-447.

Shiferaw, B., Prasanna, B. M., Hellin, J. & Bänziger, M. (2011). Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security, 3(3)*, 307– 327. https://doi.org/10.1007/s12571-011-0140-5

Silver, J. (2008). *Global warming climate change*, De MYSTIFIED, A self-Teaching Guide, p.289.

Srinivasan, G., Zaidi, P. H., Singh, N. & Sanchez, C. (2004). Increasing productivity through genetic improvement for tolerance to drought and excess-moisture stress in maize (Zea mays L.). *Water in Agriculture 116,* 227–239.

Şen, B. (2009). Bölgesel İklim Modelleri Kullanılarak Çukurova Yöresinde İklim Değişikliğinin 1. ve 2. Ürün Mısır Verimine Olası Etkilerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, ss 308.

Tebaldi, C. & Lobell, D. (2018). Differences, or lack thereof, in wheat and maize yields under three low-warming scenarios open access differences, or lack thereof, in wheat and maize yields under three low-warming scenarios. *Environmental Research Letters, 13(6*), 65-81.

Tesfaye, K., Kruseman, G., Cairns, J.E., Mainassara Z., Wegary, D., Zaidi, P.H., Kenneth, J., Boote, D.R. & Erenstein, O. (2018). Potential benefits of drought and heat tolerance for adapting

maize to climate change in tropical environments. *Climate Risk Management, 19,* 106-119, ISSN 2212-0963, https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.10.001.

Tesfaye, K., Sonder, K. & Cairns, J. (2013). Targeting Drought-Tolerant Maize Varieties in Southern Africa: A Geospatial Crop Modeling Approach Using Big Data. https://www.researchgate.net/publication/305143326_Targeting_Drought-Tolerant_Maize_Varieties_in_Southern_Africa_A_Geospatial_Crop_Modeling_Approach_Using_Big_Data.

Thomson, LM. (1966). Weather variability, climate change and grain production. *Science 188*(4188), 535-541.

Tubiello, F.N., Donatelli, M., Rosenzweig, C. & Stockle, C.O. (2000). Effects of climate change and elevated CO2 on cropping systems: model predictions at two Italian loca- tions. *Eur. J. Agron. 13,* 179–189.

UNFCCC (2011). Annex: Initial Guidelines for the Formulation of National Adaptation Plans by Least Developed Country Parties. Report of the Conference of the Parties on Its Seventeenth Session, Held in Durban from 28 November to 11 December 2011 Addendum Part 2: Action Taken by the Conference of the Parties at Its Seventeenth Session (FCCC/CP/2011/9/Add.1), p. 85.

UNFCCC (2012). Decision 12/CP.18 National Adaptation Plans. Report of the Conference of the Parties on Its 8th Session, Held in Doha from 26 November to 8 December 2012 Addendum Part 2: Action Taken by the Conference of the Parties at Its Eighteenth Session (FCCC/CP/2012/8/Add.2), p. 3.

USGCRP (2009). *Global Climate Change Impacts in the United States*. Karl, T.R., J.M. Melillo, and T.C. Peterson (eds.). United States Global Change Research Program. Cambridge University Press, New York, NY, USA.

Wang, J., Wang, E., Luo, Q. & Kirby, M. (2009). Modelling the sensitivity of wheat growth and water balance to climate change in Southeast Australia. *Climatic Change, 96(1–2)*, 79–96.

Wolf, J. & Van Diepen, C.A. (1995). Effects of climate change on grain maize yield potential in the european community. *Climatic Change 29,* 299–331.

Xiao, D. P., Qi, Y. Q., Shen, Y. J., Tao, F. L., Moiwo, J. P., Liu, J. F. & Liu, F. S. (2016). Impact of Warming Climate and Cultivar Change on Maize Phenology in the Last Three Decades in North China Plain. *Theoretical and Applied Climatology, 124*, 653-661.

Xu, H., Twine, T. E. & Girvetz, E. (2016). Climate Change and Maize Yield in Iowa, *Journal pone 1,* 1-20. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0156083.

Yeo, A. (1999). Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. *Sci. Hort. 78,* 159 – 174.

Zayan S. A. (2019). Impact of Climate Change on Plant Diseases and IPM Strategies. Plant Diseases - Current Threats and Management Trends Edited by Snježana Topolovec-Pintarić. Unit of Forecasting and Early Warning, Plant Pathology Research Institute (ARC), Giza, Egypt. DOI:10.5772/intechopen.87055.

Zhang, M., Wu, B., Yu, M., Zou, W. & Zheng, Y. (2014). Crop condition assessment with adjusted NDVI using the uncropped arable land ratio. *Remote Sensing, 6(*6), 5774–5794.

Ziska, L. H. & Bunce, J. A. (2007). Predicting the impact of changing CO2 on crop yields: some thoughts on food. *New Phytologist, 175(4),* 607–618.

Zvereva, E.L. & Kozlov, M.V. (2006). Consequences of simultaneous elevation of carbon dioxide and temperature for plant–herbivore interactions: A metaanalysis. *Glob. Change Biol. 12,* 27–41. doi:10.1111/j.1365-2486.2005.01086.

Uyarlamalı Sinirsel Çıkarımlı Bulanık Mantık (Anfıs) Tabanlı Tek Bölgeli Yük-Frekans Kontrolü

Mehmet KARAYEL
Çağatay ERSİN

GİRİŞ

Günümüzde artan nüfus, gelişen teknoloji ve sanayileşmeye bağlı enerji tüketim talebinin daha da artmaktadır. Bununla birlikte, fosil enerji kaynaklarının giderek azalmasından dolayı yeni enerji kaynakları arayışı ve mevcut var olan enerjinin daha verimli değerlendirilmesi önemi ortaya çıkmıştır. Bu enerji ihtiyacı artmasıyla, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı daha da önemli hale gelmektedir. Şebekeye bağlanan yenilenebilir enerji kaynaklarının ürettiği enerjide dalgalanma olması nedeniyle, şebekenin yük-frekansı dengesine olumsuz etki etmektedir. Bu durum Yük frekans denetimini daha önemli hale getirmektedir.

Elektrik güç tesislerinin yük-frekans dengesi ile ilgili uluslararası standartlarda belirlenmiş frekans alt ve üst limitleri içinde olması ve gücün arz-talep ilişkinin doğru bir şekilde sağlanması gerekmektedir [1]. Elektrik güç tesislerinde etkili olarak kullanılan YFD için üretilen güç ile tüketilen güç arasındaki dengenin sağlanması, düzgün bir şekilde tasarlanan kontrolcü tarafından denetlenen hız regülatörleri ile gerçekleştirilir [2].

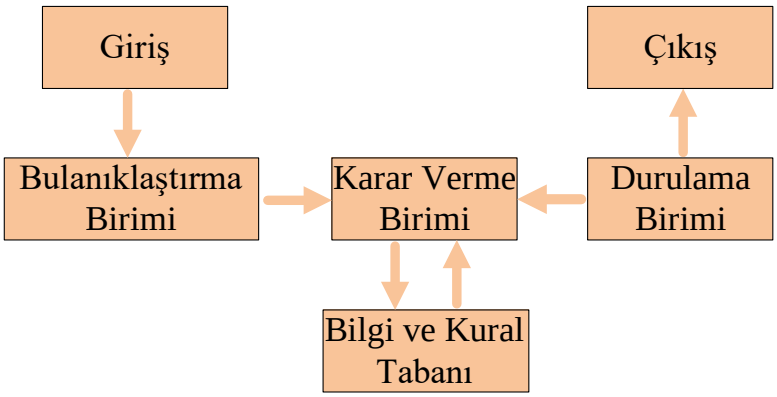
Elektrik güç tesisleri tasarımındaki en önemli alanlardan biri olan yük frekans denetimi, onlarca yıldır sistem frekans sapması ve yük değişimleri belirtilen değerler içinde tutmak olan iki ana hedefi karşılamak için kullanılmaktadır. Yük frekansı denetiminin temel teorisi açıklanmıştır [3-6]. Yük frekansı denetimi genellikle ikincil seviye kontrolü olarak kabul edilir ve aynı zamanda otomatik üretim kontrolü alanında en etkili bir işlemdir. Otomatik üretim kontrolü, bir jeneratör çıkış gücünü tanımlı frekansta kalacak şekilde ayarlayan bir geri besleme kontrol sistemidir. YFD sistemi, çok alanlı birbirine bağlı güç sistemindeki YFD'nın hedefleri olan frekans sapmalarının frekans sıfır sabit durum hataları ve optimum geçici davranış yoluyla jeneratör yük kontrolü sağlar [7]. YFD, elektrik güç tesislerinde otomatik üretim kontrol şemasının bir parçası olarak birkaç yıldır kullanılmaktadır. Çeşitli yük frekans kontrolörleri arasında en yaygın kullanılanı geleneksel orantılı integral (PI) kontrolördür. PI, PID ve Bulanık-PID denetleyicilerinin uygulanması çok basittir ve daha iyi dinamik yanıt verir, ancak sistemdeki karmaşıklık, yük değişimi gibi bozulma nedeniyle arttığında performansları düşer. Bu nedenle bu sorunların üstesinden gelebilecek kontrolörlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bulanık ve sinirsel kontrol yaklaşımları gibi yapay zekalı kontrolörler bu açıdan daha uygundur [8].

1. Bulanık Mantık Kontrol ve Kavramları

Otomatik sistemlerin süreç denetiminde, sistemin işlem performansının istenilen seviyeye kolay, güvenli ve karalı bir şekilde ulaşması istenir. Bunun için kontrol sisteminin yapısı ve dinamik özelliklerinin iyi belirlenmesi ve matematiksel modellenmesi gerekmektedir. Ancak bazı sistemlerin yapısı veya özellikleri iyi tanımlanmamış, belirsiz, doğrusal olmayan, zamanla değişen ve karmaşık olabilmektedir. Bu gibi sistemlerin matematiksel modellenmesi mümkün olmayabilir. Ayrıca, bazı sistemlerin matematiksel modellemesi bir şekilde yapılsa bile elde edilen modelin kullanımı denetleyici tarafından karmaşık ve oldukça yüksek maliyete neden olabilir. Matematiksel modellemesi zor veya mümkün olmayan sistemlerin denetiminde genellikle uzman bir kişinin bilgi

ve tecrübelerin faydalanmak istenir. Uzman kişi sistemin süreç denetimi gereksinimlerini pek az, biraz az, az, normal, biraz çok çok, pek çok gibi dilsel ifadeler kullanarak gerçekleştirir. Uzman kişinin dilsel ifadeler kullanarak oluşturduğu denetim doğru bir şekilde bilgisayar ortamına aktarıldığı takdirde hem denetim için sürekli uzman kişiye ihtiyaç kalmaz hem de uzman kişiler arasında meydana gelebilecek denetim farkı ortadan kalmış olur. Böylece sistem denetimi, insanın sezgi ve düşünce yapısına benzer esnek bir yapıya kavuşmaktadır [9].

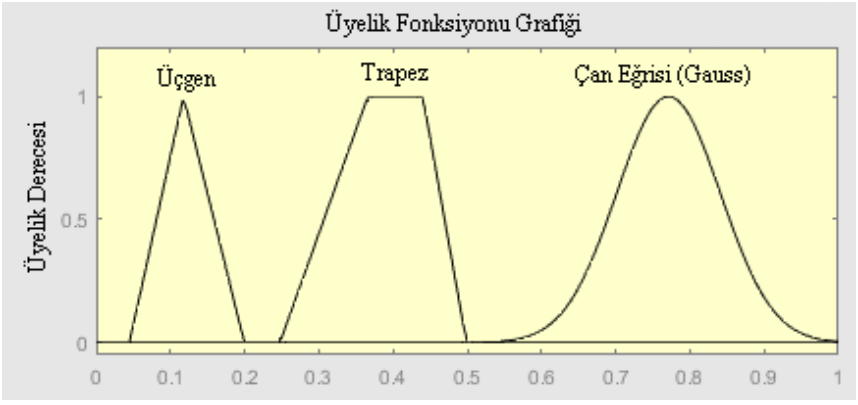
Bulanık mantık yaklaşımı ilk olarak 1956 yılında ABD'de düzenlenen bir konferansta duyurulmuş, ancak ciddi olarak 1965 yılında A. Zadeh tarafından yayınlanan makalede bulanık mantık kuramı adı altında ortaya konulmuştur. Zadeh bu yaklaşımında, insan düşüncelerinin çoğunluğunun bulanık olduğunu, klasik küme kavramında olduğu gibi evet, hayır, hep, hiç vb. gibi kesinlik ifade etmediğini belirtmiştir. Dolayısıyla, bulanık mantık, sadece açık, kapalı, sıcak, soğuk, 0-1 şeklinde kesin ifadelerin yansıra insan mantığına dayalı az ağır, az hafif, parlak, mat gibi dilsel ifadeleri de göz önüne almaktadır. Şekil 1'de bulanık mantık denetleyicinin temel yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1. Bulanık Mantık Denetleyicinin Temel Yapısı.

1.1. Bulandırma Birimi

Bulanık mantıkta Bulandırma işlemi, sistemden alınan giriş sinyalleri dilsel veya mantıksal ifadeleri temsil eden sembollere dönüştürüldüğü birimdir. Her bir giriş sinyali için üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanık kümeler oluşturulur. Bulanık küme içinde girilen sayısal değerlere karşı pek az, az, normal, çok, pek çok gibi dilsel semboller ifade eden üyelik fonksiyonları oluşturulur. Oluşturulan üyelik fonksiyonları sistemin daha verimli çalışması için farklı şekillerde bulanık kümeler (üçgen, trapez, çan eğrisi vb.) seçilebilir. Şekil 2'de yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 2. Yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonları.

1.1.1.Üçgen (Triangle) Üyelik Fonksiyonu:

Üçgen üyelik eğrisi, m_1,m_2,m_3 şeklinde üç parametreden oluşan bir vektörün fonksiyonudur. Üçgen üyelik fonksiyonu ile üyelik derecesi denklem 1 ile hesaplanmaktadır.

$$\mu_B(x; m_1, m_2, m_3) = \begin{cases} m_1 \leq x \leq m_2 & Eğer \quad (x - m_1)/(m_2 - m_1) \\ m_2 \leq x \leq m_3 & Eğer \quad (m_3 - x)/(m_3 - m_2) \\ x > m_3 \ veya \ x < m_1 & Eğer \quad 0 \end{cases} \tag{1}$$

2.1.2. Yamuk (Trapez) Üyelik Fonksiyonu:

Yamuk üyelik eğrisi, a1,a2,a3 ve a4 şeklinde dört parametreden oluşan bir vektörün fonksiyonudur. Üçgen üyelik fonksiyonu ile üyelik derecesi denklem 2 ile hesaplanmaktadır.

$$\mu_B(x; m_1, m_2, m_3, m_3) = \begin{cases} m_1 \leq x \leq m_2 & Eğer \quad (x - m_1)/(m_2 - m_1) \\ m_2 \leq x \leq m_3 & Eğer \quad 1 \\ m_3 \leq x \leq m_4 & Eğer \quad (m_4 - x)/(m_4 - m_3) \\ x > m_4 \ veya \ x < m_1 & Eğer \quad 0 \end{cases} \tag{2}$$

2.1.3. Gauss Üyelik Fonksiyonu:

Gauss üyelik fonksiyonu, dağılım merkezi (c) ve dağılım şekli (standart sapma, σ)şeklinde iki parametreden oluşan bir vektörün fonksiyonudur. Üçgen üyelik fonksiyonu ile üyelik derecesi denklem 3 ile hesaplanmaktadır.

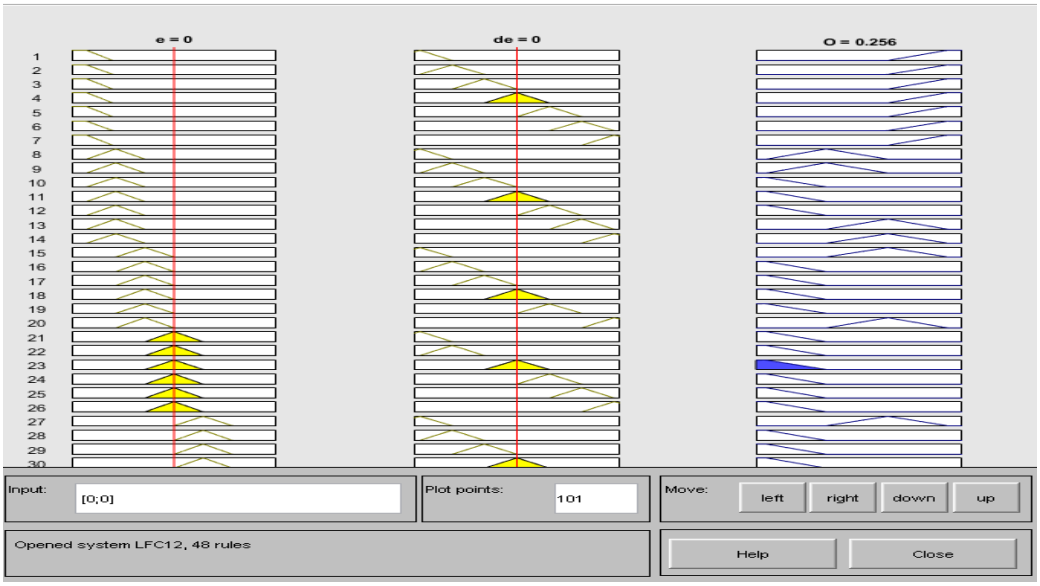
$$\mu_B(x; c, \sigma) = exp\left\{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}\right\} \tag{3}$$

2.2. Bilgi Tabanı

Bilgi tabanı, denetlenecek sistem hakkında bilgi sahibi uzman kişinin dilsel ifade ve mantıksal semboller kullanarak oluşturduğu kurallar tabanı ve karar verme biriminin kural tabanında kullandığı bilgileri aldığı veri tabanından oluşmaktadır. Kural tabanı, bir Bulanık Mantık Sistemin kalbi olarak nitelendirilebilir. Bu birimde bulanık kümelerin dilsel terimleri kullanılarak kesin değerleri üyelik derecelerine dönüştürülür. Kurallar kümesi denetim amaçlarını ve denetim stratejisini belirler. Denetlenen sistemle ilgili, bulanıklaştırma, karar verme, durulama işlemleri sırasında gerek duyulan üyelik işlevi ve kural tablosu bilgileri bilgi tabanında saklanmakta ve kullanılmaktadır [10-12]. Giriş ve çıkışlar arasındaki bağlantılar, uzman kişi tarafından oluşturulan kurallar kullanılarak sağlanmaktadır. Örneğin: X ve Y değişkenleri girişleri, Z değişkeni ise çıkışı temsil eden sistem için;

Eğer A<X ve B=Y ise C=Z,

Şeklinde A ve B girişlerinin aldığı değere göre C çıkışının bulanın değeri belirlenmektedir. Şekil 3'de Matlab programında oluşturulan kural tablosu örnek gösterimi bulunmaktadır.



Şekil 3. Matlab programında oluşturulan kural tablosu örnek gösterimi.

2.3. Karar Verme Birimi

Karar verme birimi, bulanık mantık denetimin merkezidir. Karar verme birimi bulanıklaştırılmış giriş sinyalleri ile oluşturulan bulanık küme ile kural tabanında oluşturulan dilsel ve mantıksal sembolleri kullanarak bir insanın karar verme, çıkarımda bulunma kabiliyetine benzer bir şekilde bulanık kavramları işleme tabi tutar ve çıkarım yaparak uygun çıkışı üretir. Yani bu kısımda, insanın bilgi ve becerilerine bağlı ürettiği çıkarımların bir benzetimi yapılmaya çalışılmaktadır.

Bulanık karar verme için birçok değişik yöntem bulunmaktadır. Aşağıda en yaygın kullanılan 2 yöntem verilmiştir.

1) Mamdami Çıkarım Yöntemi

2) Takagi – Sugeno – Kang Çıkarım Yöntemi

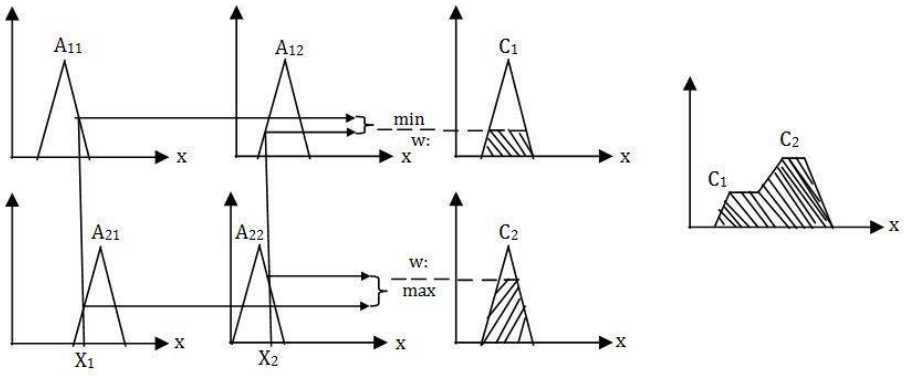
2.3.1. Mamdami Çıkarım Yöntemi:

Sıklıkla kullanılan bulanık mantık sistemlerinden biri olan Mamdani bulanık çıkarım sistemi, buhar makinesinin kontrolünde ilk kez kullanılmış olup, maksimum minimum işlemlerin kullanıldığı sistemdir. İbrahim Mamdani [13] Mamdani yöntemini bulanık mantık ilkelerine dayalı olarak geliştirmiştir. Kolay tasarımı, insan davranışına uygunluğu ve yorumlanabilir yapısı sayesinde en yaygın kullanılan bulanık çıkarım yöntemlerinden biri haline gelmiştir.

Şekil 4' te Mamdani bulanık çıkarım sisteminin çalışma prensibi verilmiştir. Mamdani bulanık çıkarım sisteminde, bulanıklaştırma sürecinde uzman bilgisi veya örnek veriler kullanılarak sistemin tüm girdi ve çıktıları için üyelik fonksiyonları belirlenir. Sistemin tüm giriş ve çıkışları önceden belirlenen küme sayısına göre bulanıklaştırılır. Bulanıklaştırmadan sonra, uzman bilgisi veya örnek veri veya veri tabanına dayalı olarak bulanık kurallar yeniden tanımlanır. Bulanık kuralların gücü belirlenerek kuralların çıktıları birleştirilir. Böylece bulanık çıktı elde edilirken, seçilen arıtıcı kullanılarak net çıktı elde edilir.

Bulanık küme teorisinde en yaygın kullanılan çıkarım yöntemidir [14]. Kural yapısı;

EĞER (X1 = A11) VE (X2 = A12) İSE Z1 = C1
EĞER (X1 = A21) VEYA (X2 = A22) İSE Z2 = C2



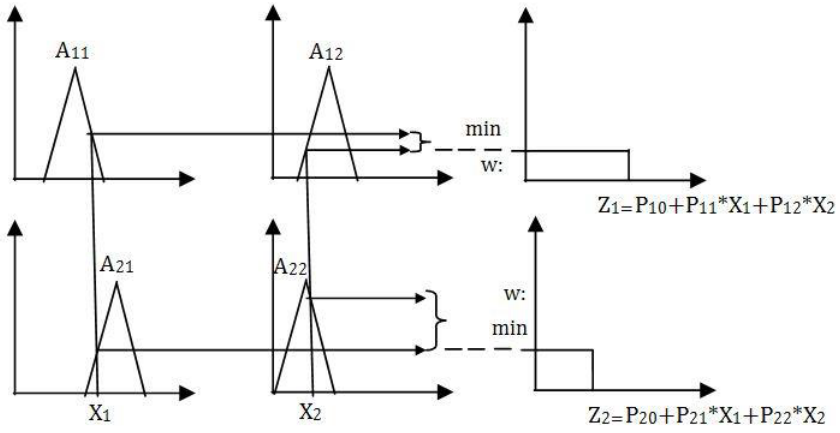
Şekil 4. Mamdani bulanık çıkarım sisteminin çalışma prensibi [14].

2.3.2. Takagi – Sugeno – Kang Çıkarım Yöntemi

1985 yılında Tagaki-Sugeno-Kang tarafından önerilen Sugeno bulanık modeli, Mamdani tipi modelin bir uyarlamasıdır ve Mamdani bulanık çıkarım sistemindeki kuralların yapısı değiştirilerek oluşturulmuştur [15]. Sugeno bulanık çıkarım sisteminde, kuralların öncül kısmı hala bulanık kümelere dayanmaktadır. Bu nedenle, her sistemin girişinin bulanık olması gerektiği anlaşılmaktadır. Bu modelin Mamdani modelinden farkı, çıktı değişkeninin değerlerinin bulanık olmamasıdır.

Şekil 5'de birinci dereceden Sugeno modelinin bulanık çıkarım sisteminin çalışma prensibi verilmektedir. P giriş ve tek çıkışlı sistemde Sugeno tip kuralları aşağıdaki gibidir;

EĞER (X1 = A11) VE (X2 = A12) İSE Z1 = P10 + P11X1 + P12 X2
EĞER (X1 = A21) VE (X2 = A22) İSE Z2 = P20 + P21X1 + P22 X2
veya
EĞER (X1 = A11) VE (X2 = A12) İSE Z1 = C1
EĞER (X1 = A21) VE (X2 = A22) İSE Z2 = C2



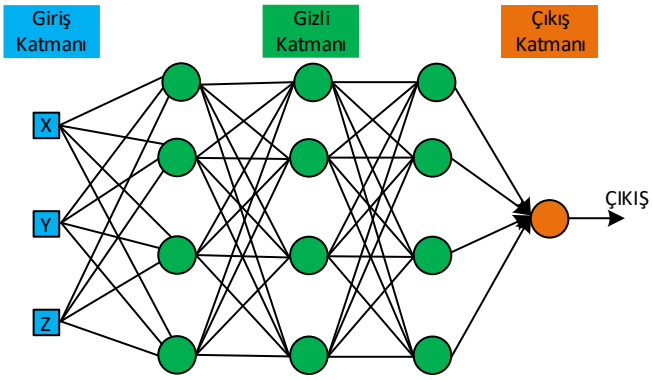
Şekil 5. Sugeno bulanık çıkarım sisteminin çalışma prensibi [14].

2.4. Durulama Birimi

Karar Verme Birimi sonucu birçok çıkarım yöntemlerinde yine bulanık kümedir. Elde edilen bulanık küme sonuçlarının sisteme uygulanabilmesi için girişte uygulanan türden değere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüştürme işine durulama işlemi denir. Durulama işlemlerinde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en çok kullanılanları aşağıda verilmektedir.

3. Yapay Sinir Ağları (Neural Networks)

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin görevlerini simüle etmek ve modellemek için tasarlanmış bir yapı olarak ifade edilebilir. YSA, beyindeki sinir hücreleri gibi birbirine çeşitli şekillerde bağlanan yapay sinir hücrelerinden oluşur. YSA, öğrenme algoritmaları ile öğrenme sürecinden geçtikten sonra bilgi toplama, bu bilgiyi depolama ve hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile genelleme yeteneğine sahiptir. YSA, yapılarına göre farklı öğrenme yaklaşımları kullanır [16,17]. Yapay sinir ağı hücreleri rastgele olmayan bağlantılarla bir araya gelerek yapay sinir ağlarını oluşturur. Nöronlar bir araya geldiğinde katmanlar oluşur. Yapay hücreler ve bunlara bağlı katmanların oluşturduğu yapılar, nöronlar ile girdi almak ve çıktıları iletmek için dış ortamla bağlantılıdır. YSA, genel olarak giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere üç katmandan oluşmaktadır. Genel yapay sinir ağı mimarisi Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Genel Yapay Sinir Ağı Mimarisi

Giriş Katmanı: Dış dünyadan gelen bilgilerin yapay sinir ağına girdiği katmandır. Giriş katmanında sistemden gelen bilgi kadar nöron bulunmaktadır. Genellikle bu katmanda gelen bilgiler hiçbir işleme tutulmadan gizli katmana aktarılır.

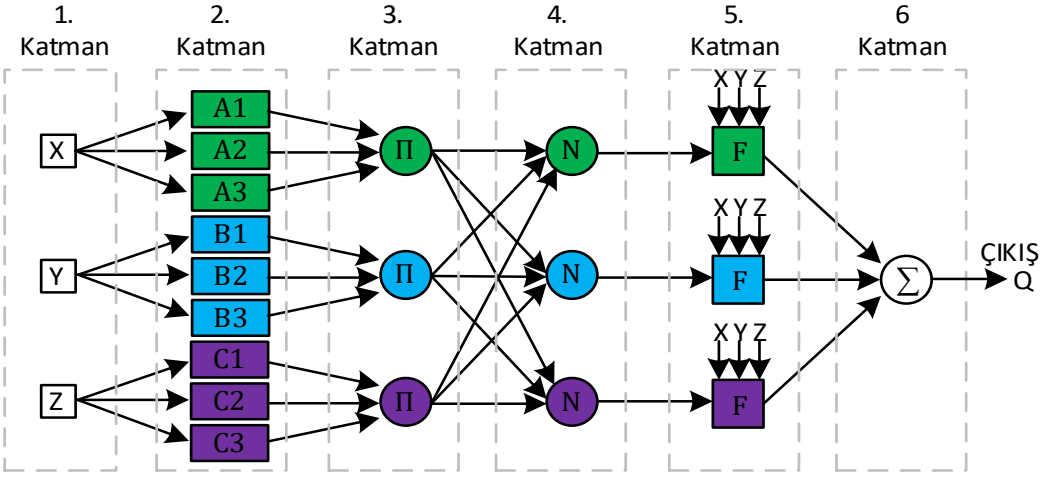
Gizli (Alt) Katman: Gizli katman sistemden gelen bilgilerin işlendiği katmandır. Giriş katmanından gelen bilgiler bir takım matematiksel işlemlerden geçirilerek çıkış katmanına gönderilir. Bir sinir ağı içerisinde bir veya birkaç gizli katman olabilir. Giriş katmanından gelen bilgiler arasında bir etkileşim var ise etkileşimin karmaşıklık durumuyla aynı oranda gizli katman kullanmak gerekmektedir. Eğer ihtiyaç olunan katmandan az gizli katman oluşturulur ise yapay sinir ağında öğrenme işlemi tamamlanamaz. Bununla birlikte, gereğinden fazla gizli katman kullanılırsa yapay sinir ağı ezber yapar.

Çıkış Katmanı: Bu katmanda, gizli katmandan gelen bilgiler işlenerek giriş katmanına gelen bilgilere karşılık gelen çıktıları üreten katmandır. Bu katmanda üretilen bilgiler hedeflenen değere ulaşmış ise dış dünyaya aktarılır. Eğer hedef değere ulaşmamış ise hedef değer ile üretilen değerin farkına bağlı olarak gizli katmanlardaki ağırlık katsayıları güncellenerek elde edilen değerler tekrar işlenmesi için giriş bölümüne aktarılır.

4. Uyarlamalı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi

Uyarlamalı bulanık mantık çıkarım sistemi (ANFIS), yapay sinir ağlarının öğrenme yeteneği ile bulanık mantık denetleyicinin karar verme ve bulanık küme kavramı sayesinde veri derecelendirme gibi özelliklerinin birleştirilmesinden meydana gelmektedir. ANFIS, çözülmesi istenen bir problemin veya kontrol edilmesi istenen bir sistemin yapısına bağlı olarak istenilen değerler üzerinden veya mevcut çalışan bir sistemin değerleri üzerinden tüm kuralları belirleyebilmektedir. Bu sayede ANFIS, uzman kişinin bilgi ve deneyimleri ile oluşturulmasına olanak sağlamaktadır.

ANFIS sisteminde YSA, denetim için gerekli olan kurallar kümesi, giriş sinyalleri için bulanık küme oluşturulması ve değişkenlerin ayarlanmasında kullanılır. YSA, ANFIS yapısı içinde ağırlık ayarlama ve kontrol mimarisini oluşturma olmak üzere iki önemli göreve sahiptir. kontrol mimarisi; kurallar kümesi ve bulanık kümelerin giriş-çıkış değerlerine bağlı olarak belirlenmesini ifade etmektedir. Ağırlık ayarlama işlemi ise her bir bulanık küme içindeki üyelik fonksiyonlarının ağırlıklarını, yöntemini ve kural işlemlerinin hesaplanmasını ifade etmektedir. ANFIS'in bulanık mantık denetimi Takagi-Sugeno yöntemi ile gerçekleşmektedir. Şekil 7'de ANFIS mimarisi verilmiştir [17].



Şekil 7. ANFIS mimarisi.

ANFIS, Şekil 7'de gösterildiği gibi 6 katmandan oluşmaktadır. Birinci katman giriş katmanı, ikinci katman bulanıklaştırma katmanı, üçüncü katman kural katmanı, dördüncü katman normalleştirme katmanı, beşinci katman durulaştırma katmanı ve son olarak altıncı katman ise toplam katmanıdır.

5. Yük Frekans Denetimi

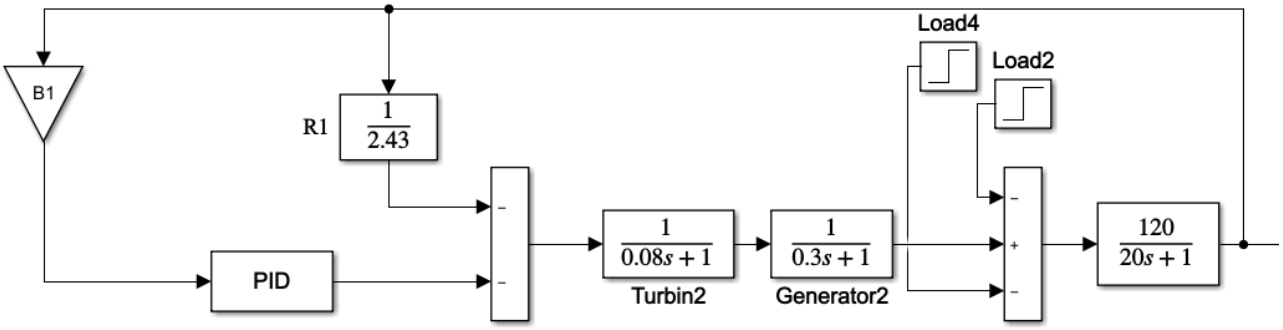
5.1. Enerji Sistemi Modeli

Bir elektrik güç tesisinde üretilen güç ile tüketilen güç oranında ortaya çıkan değişimlere karşı frekansın kabul edilebilir sınırlar içerisinde denetiminin yapılması gerekir. Elektrik güç tesisinin yük-frekans denge kontrolü frekans ve yük dengesi kontrolü hız düzenleyicilere bağlı olduğundan YFD denetim modeli oluşturulurken türbin ve jeneratörlerin de matematiksel modelleri dikkate almak gerekir elektrik güç tesisindeki tüm aksiyonlar küçük ölçekli olduğundan türbin ve hız düzenleyici (Regülatör) için güç-frekans ilişkisi doğrusal blok diyagram üzerinden analiz edilebilir [9].

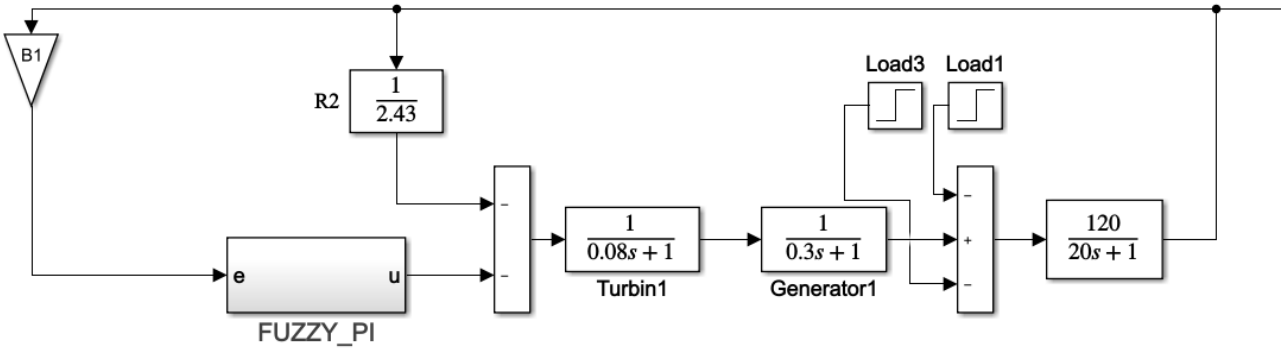
Bu çalışmada, tek bölgeli YFD için şebeke güç sistemi modeli kontrolör, türbin, jeneratör, yük ve güç sistemleri gibi bölümlerin matematiksel modellerinden meydana gelmektedir. MATLAB ortamında oluşturulan YFD modelinin farklı kontrolör ile denetimi yapılması için Şekil 8'de gösterildiği gibi geleneksel-PI kontrolör ile bir model, Şekil 9'da gösterildiği gibi Fuzzy PI kontrolör ile bir model ve Şekil 10'da gösterildiği gibi önerilen ANFIS PI ile bir model ayrı ayrı oluşturuldu. Modellemede kullanılan türbin (G_T) ve jeneratörlerin (G_G) transfer fonksiyonları sırasıyla Denklem (4) ve Denklem (5) de gösterilmektedir.

$$G_G(s) = \frac{1}{T_G(s) + 1} \tag{4}$$

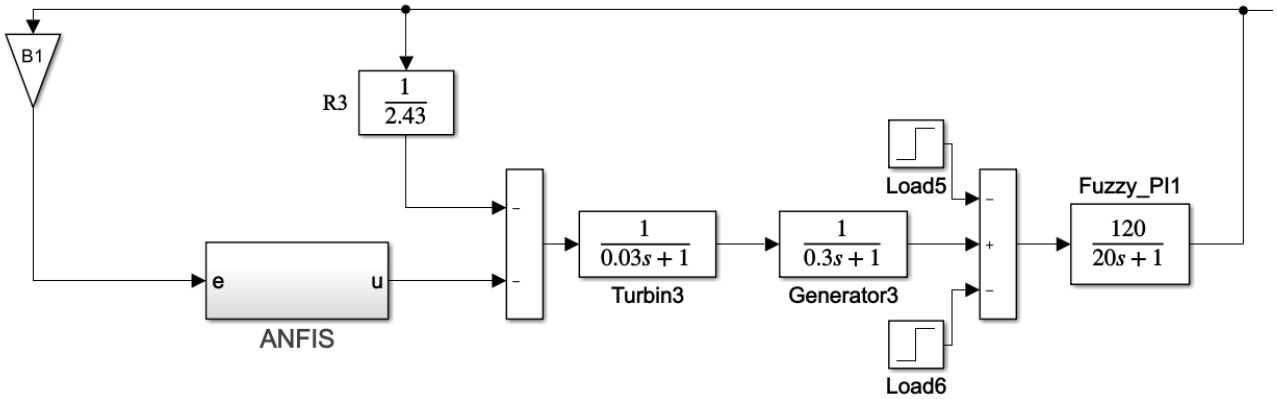
$$G_T(s) = \frac{1}{T_G(s)+1} \quad (5)$$



Şekil 8. Tek Bölgeli Güç sisteminin Geleneksel-PI kontrolör ile YFD blok diyagramı.



Şekil 9. Tek Bölgeli Güç sisteminin Fuzzy PI kontrolör ile YFD blok diyagramı.

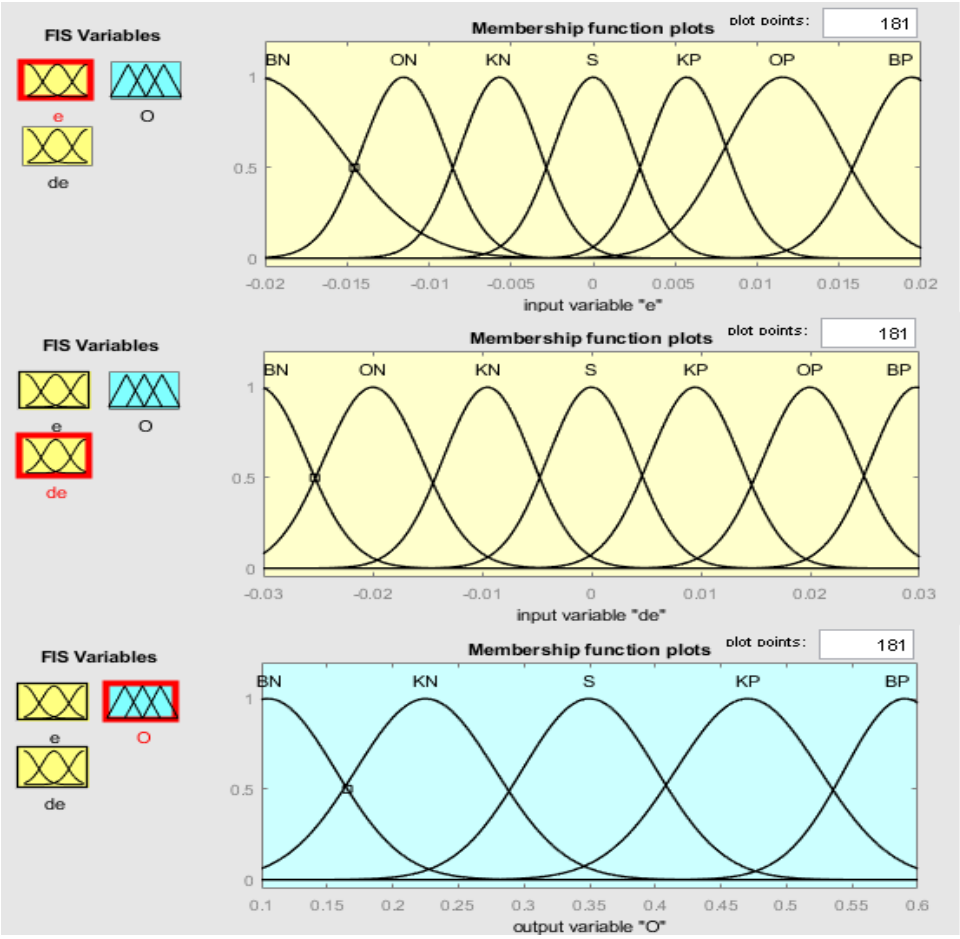


Şekil 10. Tek Bölgeli Güç sisteminin ANFIS PI kontrolör ile YFD blok diyagramı.

5.2. Bulanık Mantık Kontrol

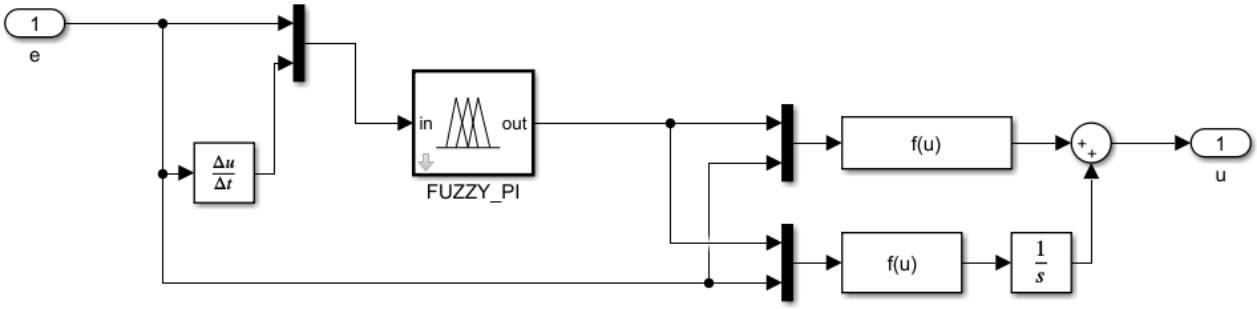
Bu çalışmada, YFD'nın bulanık mantık tabanlı denetimi gerçekleştirilmesinde giriş sinyali olarak sistemin geri beslemesinden alınan hata değeri ile hatanın değişimi değerleri kullanılarak

üyelik fınksiyornu oluşturulmuştur. Şekil 11'de Bulanık-PI giriş-çıkış üyelik fonksiyonları bulunmaktadır.



Şekil 11. Bulanık-PI giriş-çıkış üyelik fonksiyonları.

Şekil 12'de ise Bulanık-PI kontrolör MATLAB modeli bulunmaktadır.



Şekil 12. Bulanık-PI kontrolör MATLAB modeli.

Üyelik fonksiyonları Gauss çıkarım yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan bulanık kümelerde her bir giriş (hata ve hatanın değişim oranı) değeri için yedi adet sembolik Gauss üyelik fonksiyonu ile gösterilmiştir. Bunlar BN (Büyük Negatif), ON (Orta Negatif), KN (Küçük Negatif), S (Sıfır), KP (Küçük Pozitif), OP (Orta Pozitif), BP (Büyük Pozitif)'dir [10].

Bulanık üyelik kümeleri ile bulanıklaştırılan girişler (hata ve hatanın değişim oranı) oluşturulan kurallar kümesine bağlı olarak Şekil 11'de gösterildiği gibi beş üyelik fonksiyonuna sahip bulanık

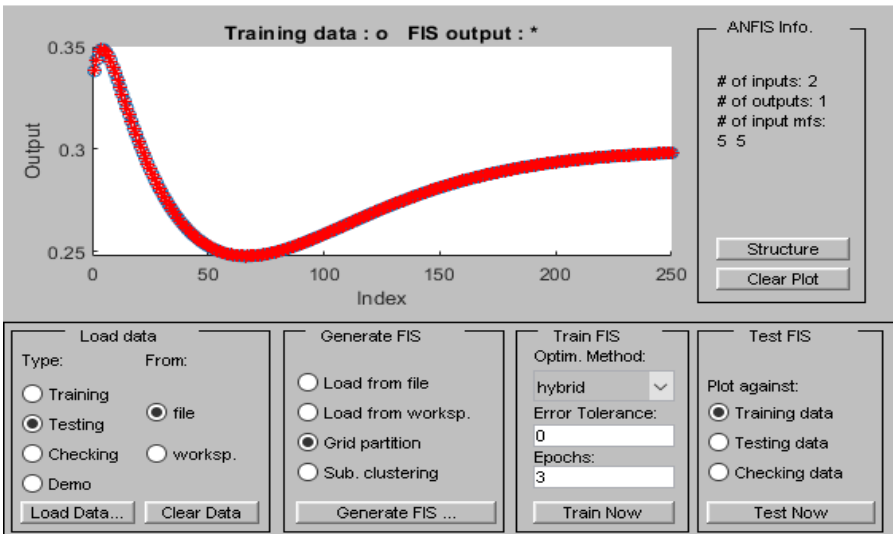
çıkış değerleri elde edilir. Çıkış bulanık kümenin üyelik fonksiyonuna ait kural tablosu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Kural Tablosu

e/de	BN	ON	KN	S	KP	OP	BP
BN	BN	BN	KN	KN	KN	KN	S
ON	BN	BN	KN	KN	KN	S	KP
KN	KN	KN	KN	KN	S	KN	BP
S	KN	KN	KN	S	KP	BP	BP
KP	KN	KN	S	KP	KP	BP	BP
OP	KN	S	KN	KP	KP	BP	BP
BP	S	KP	KP	BP	BP	BP	BP

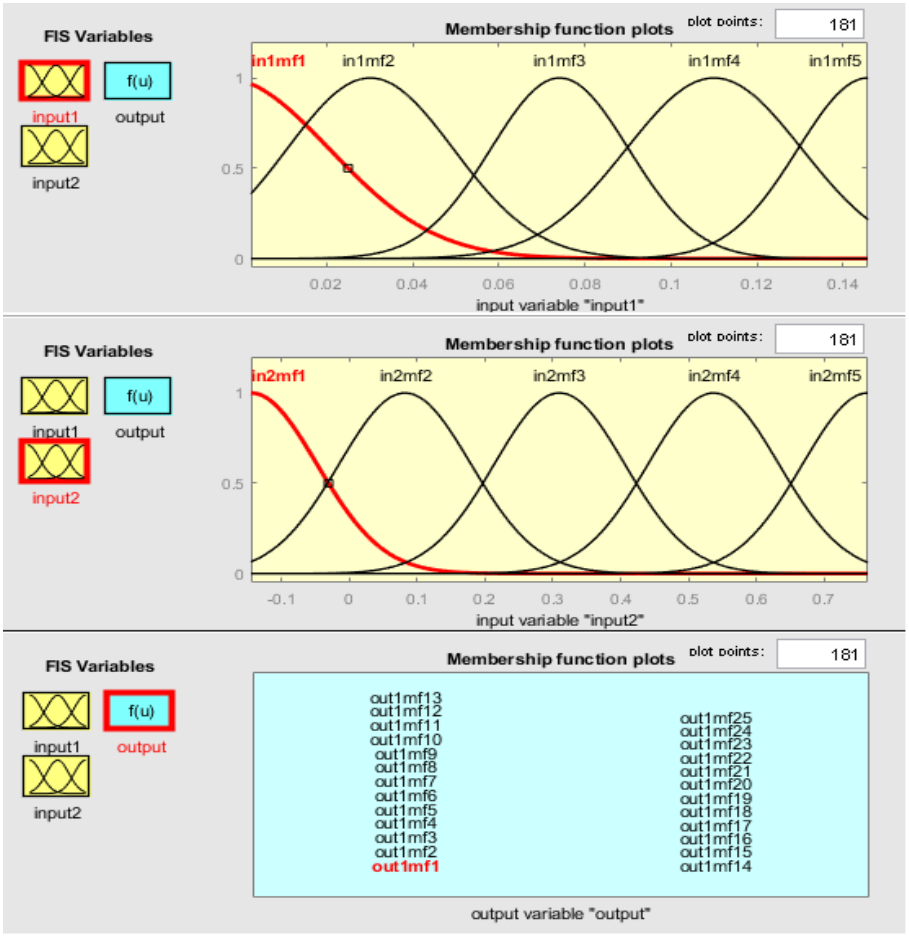
5.3. ANFIS Kontrol Yapısı

Bulanık-PI kontrolörlü ve Geleneksel-PI kontrolörlü güç sistemi modellerinin çalışması esnasında sistemin geri beslemesinden alınan hata bilgisi, hatanın değişim oranı giriş olarak ve kontrolörlerin bu giriş sinyallerine verdikleri tepkiler kaydedilerek ANFIS üyelik fonksiyonu ve kural tablosu oluştururken kullanılacak olan veri seti elde edilmiştir. Bu beri seti ile YSA'nın öğrenmesi ve elde edilen ağırlıkların test edilmesi için kullanılmıştır. Şekil 13'de MATLAB programında elde edilen ANFIS arayüzü ile elde edilen test sonuçları verilmektedir.



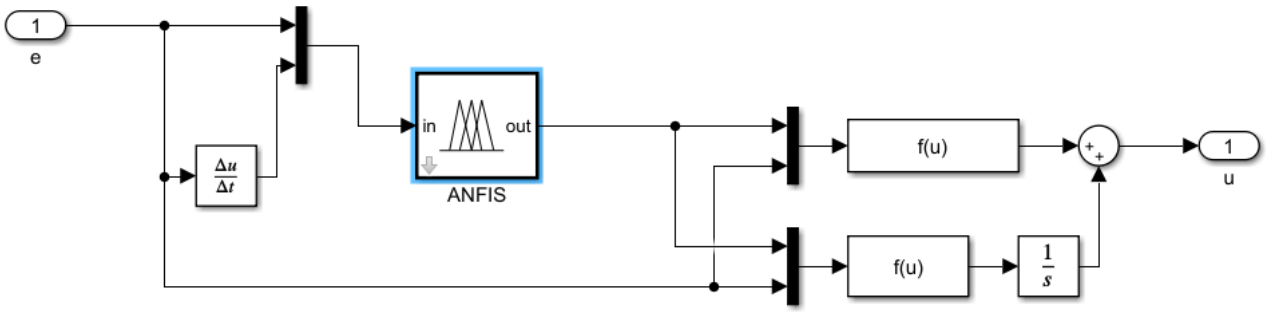
Şekil 13. ANFIS arayüzü ile elde edilen test sonuçları.

YSA ile yapılan öğrenme sonucunda, Şekil 14'de gösterildiği gibi Gauss çıkarım yöntemi ile oluşturulmuş iki giriş ve bir çıkıştı bulanık küme elde edilmiştir.



Şekil 14. ANFIS-PI giriş-çıkış üyelik fonksiyonları.

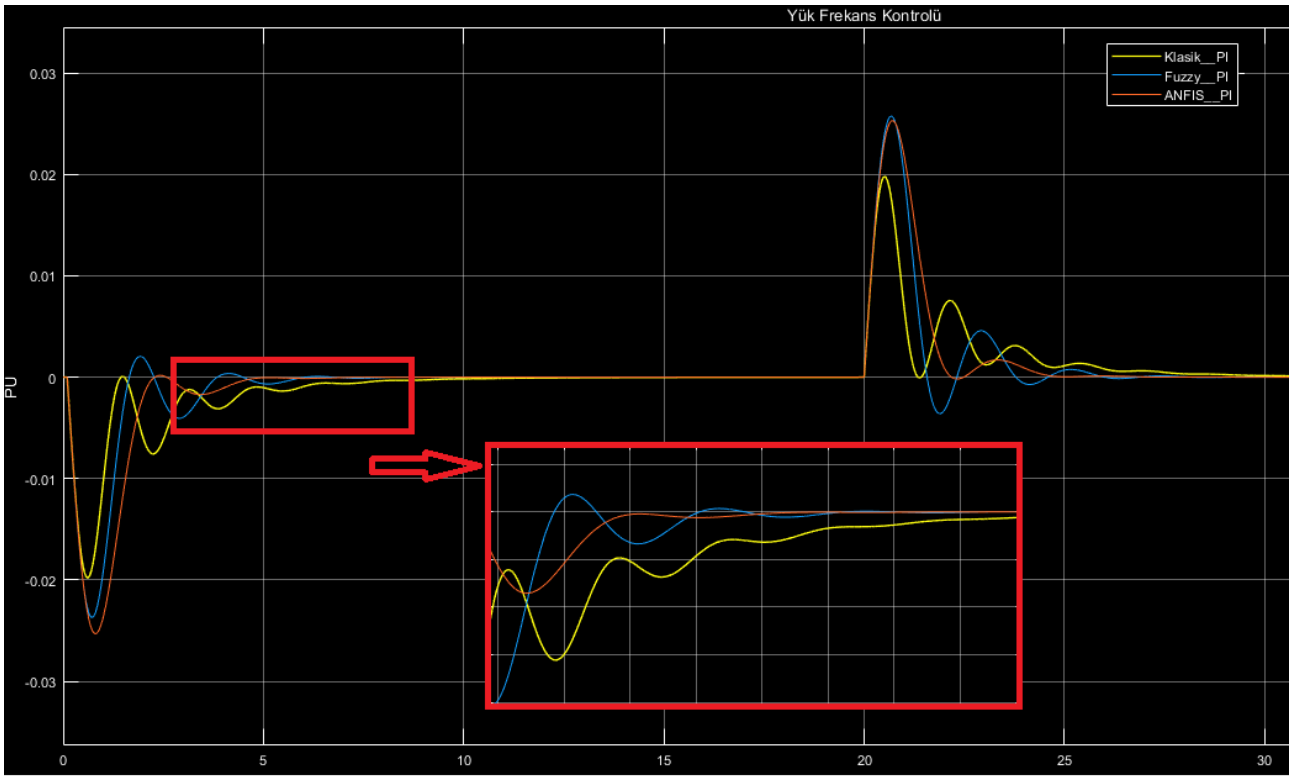
Şekil 15'te ise ANFIS_PI kontrolör MATLAB modeli bulunmaktadır.



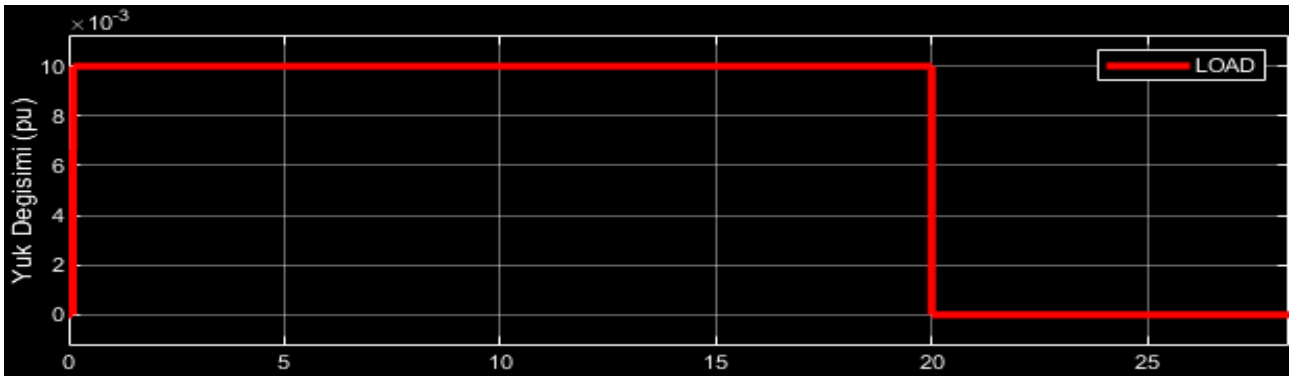
Şekil 15. ANFIS_PI kontrolör MATLAB modeli.

6. Simülasyon Sonuçları

YFD için oluşturulan aynı yapıda fakat farklı kontrolür ile denetlenen güç sistemleri modelleri benzetimi yapılırken talep edilen güç değerleri eş zamanlı aynı oranda per-unit şeklinde artırılıp azaltılmıştır. Benzetim sonuçları üç sistemin frekans sapmaları tek bir grafikte Şekil 16'da ve yük değişimleri ise Şekil 17'de gösterilmektedir.



Şekil 16. Benzetim sonucu Frekans sapmaları.



Şekil 17. Benzetim sonucu Yük değişimleri.

Sisteme t= 0s anında 0.01 pu yük değişimi uygulandığında Sistemlerin Şekil 16'de gösterildiği Frekans sapma değerlerinin, Maksimum salınım değerleri Geleneksel-PI denetim sistemi için 0.0198 pu, BULANIK-PI denetim sistemi için 0.0246 pu ve önerilen ANFIS-PI denetim sistemi için 0.0258 olarak ölçülmüştür. Ayrıca, Geleneksel-PI denetim sistemi t=16 sn, BULANIK-PI denetim sistemi t= 10.8 sn ve ANFIS-PI denetim sistemi t= 7.2 sn anında frekans salınımını tam olarak bastırmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde Sistemdeki yük değişimine Geleneksel-PI diğerlerine göre daha hızlı vermekte dolayısıyla Frekans salınım genliği daha küçük olmaktadır. Fakat frekans salınımı bastırma süresi oldukça uzundur. Önerilen ANFIS-PI denetim süresi ise Frekans salınım genliği diğerlerine göre daha büyük ama rekans salınımı bastırma süresi oldukça kısadır.

7. Sonuç

Bu çalışmada, tek bölgeli elektrik güç tesislerinde yük frekans denetimi(YFD) farklı denetim modelleri kullanılarak MATLAB/SIMULINK ortamında matematiksel modellemesi yapılmıştır. YFD için Geleneksel-PI denetim modeli, bulanık mantık tabanlı PI (Bulanık-PI) denetim modeli

ve uyarlamalı sinirsel çıkarımlı bulanık mantık tabanlı PI(ANFIS-PI) denetim modellerinin ayrı ayrı matematiksel modellemesi yapılmıştır. Elde edilen Geleneksel-PI, Bulanık-PI ve ANFIS-FI denetim modellerinin MATLAB/SIMULINK ortamında benzetimi yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan her üç model için aynı özelliklere sahip ve aynı çalışma koşullarında türbin, jeneratör, yük ve güç sisteminden oluşan kapalı döngü bir modelleme gerçekleştirilmiştir. Benzetim esnasında her üç modellere eş zamanlı olarak farklı zamanlarda yük değişimleri uygulanmıştır. Uygulanan yük değerlerinin arması ya da azalması durumuna göre şebeke frekansınki değişimler, geleneksel-PI, Bulanık -PI ve önerilen ANFIS-PI modelleri için yükün zamandaki değişimi ve frekansın zamana bağlı değişimi per-unit (pu) olarak grafiğe dönüştürülmüştür. Sonuçlar incelendiğinde, önerilen ANFIS-PI denetim modeli diğer denetim modellerine göre frekans salınımları kısa sürede sönümlendiği görülmektedir.

Kaynakça

[1] E. Yalçın, E. Çam, T. Vardar, M. Tüy, "PID Kontrolör ile İki Bölgeli Güç Sistemlerinde Yük Frekans Kontrolünün İncelenmesi.", Int. J. of Engineering Research and Development, 5(2), (2013).

[2] D. G. Padhan, S. Majhi, "A New Control Scheme for PID Load Frequency Controller of Single-Area and Multi-Area Power Systems", ISA Transactions, 52, 242-251, (2013).

[3] S. K. Meena, S. Chanana, "Comparative Study Of Load Frequency Control Using PID and FGPI Controller", IEEE power India International Conference, pp.1-6 (2014).

[4] K. Sabahi M.A. Nekoui M. Teshnehlab M. Aliyari M. Mansouri Load frequency control in interconnected power system using modified dynamic neural networks" proceeding of the 15th Mediterranean conference on control and amp; Automation pp. T26-011 (2007).

[5] M. K. Debnath, R. K. Mallick, S. Das, A. Aman "Gravitational Search Algorithm (GSA) Optimized Bulanık-PID Controller Design for Load Frequency Control of an Interconnected Multi-Area Power System" International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies, pp.1-6 (2016).

[6] H. Gozde, M. C. Taplamacioglu, I Kocaarslan, "Comparative performance analysis of Artificial Bee Colony algorithm in automatic generation control for interconnected reheat thermal power system", International Journal of Electrical Power and amp; Engergy Systems vol.42 no.1 pp.167- 178 (2012).

[7] K. A. Ellithy, K. A. El-M etwally, "Design of Decentralized Fuzzy Logic Load Frequency Controller", I.J. Intelligent Systems and Applications vol. 2 pp.66-75 (2012).

[8] K. Choudhary and B. Singh, "Load Frequency Control in Two Area Power Systems Integrated with SMES Combination Using Bulanık-PID and ANFIS Controller," International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), vol. 6, no. 6, pp. 2335-2341. (2019)

[9] M. Karayel, E. Çelik ve İ. Yücedağ, "Bulanık Mantık Tabanlı Tek Bölgeli Yük Frekans Kontrolü," III. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi-Mühendislik, 27-30 Haziran, Nevşehir/Türkiye, (2019).

[10] M. Aliasghary, I. Eksin, M. Guzelkaya, T. Kumbasar, "General derivation and analysis for input–output relations in interval type-2 fuzzy logic systems" Soft Computing, C. 19, Sayı 5, 1283–1293. (2015).

[11] C. Öztürk, "Learning of Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems Using Big Bang–Big Crunch Optimization", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. (2014).

[12] H. Karaaslan, "Fotovoltaik Bir Sistem için Aralıklı Tip-2 Bulanık Mantık Denetleyici Tabanlı Maksimum Güç Noktası Takibi Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.(2022).

[13] E. H. Mamdani, "Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis". IEEE transactions on computers 26.12 1182-1191. (1977).

[14] İ. Yücedağ, "Bulanık Mantık Ders Notları", Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü.(2020).

[15] S. N. Sivanandam, S. Sumathi, and S. N. Deepa. (2007). Introduction to fuzzy logic using MATLAB. Vol. 1. Berlin: Springer.

[16] J. Zupan, "Introduction to artificial neural network (ANN) methods: what they are and how to use them". Acta Chimica Slovenica, 41, 327-327. (1994).

[17] M. Karhan, M.F. Cakir, ANN (Artificial Neural Network) controlled virtual la boratory design for NdFeB magnet production, Teh. Vjesn. -Tech. Gaz. 28 (1), 334–339, (2021).

Biyomimikri Biliminin Mekân Tasarımına Etkisi: Earthship

Ayşe Gülçin URAL[1]

Giriş

Doğa sadece ihtiyaç duyduğu enerjiyi kullanır.

Doğa formu işleve uydurur.

Doğa herşeyi geri dönüştürür.

Doğa yerel uzmanlık ister (Benyus, 1997).

Tarih boyunca insanlar problemlerini çözmek için doğayı gözlemlemiş ve çözüm yolları üretmiştir. İlk çağlarda yalnızca korunma ve barınma ihtiyacını karşılayan fiziksel mekânlar, zamanla günün büyük bölümünün geçirildiği psikolojik ve duygusal beklentilere de cevap veren alanlar haline gelmiştir. Mekân tasarımının giderek daha önemli hale gelmesi yeni soruların doğmasına sebep olmuş ve bu soruların cevapları gelişen teknolojide aranarak doğa ikinci plana atılmıştır. Zaman zaman doğanın yol göstericiliğine başvuran tasarım akımları olmuştur. Ancak teknoloji ve doğayı zıt kutuplara yerleştirmek yerine birlikte değerlendirmek biyomimetik bilimle birlikte tanımlanmıştır. Artan popülasyon, gelişen teknoloji ve benzeri sebeplerle hızlanan yapılaşmanın ekosistemde tahribata sebep olması ve doğaya karşı sorumluluk bilincinin gelişmesi; doğadan öğrenme, doğayı taklit etme anlamlarına da gelen biyomimikri kavramını ilgi çeken bir konu haline getirmiştir. Kavramı; kentsel ölçekten daha küçük ölçeklere kadar bütünlükçü bir yaklaşımla değerlendirmenin yolları araştırılmış ve pek çok deneyim kazanılmıştır.

Türkiye'de de ekolojik yapılara dair çeşitli tasarımlar hala denenmektedir veya çok sayıda olmamakla birlikte uygulanmış örnekleri bulunmaktadır. Ancak kabul edilebilir nadir örnekler dışında; çevre dostu yapıların ya da yeşil binaların 'ekolojik yapı' olarak adlandırılması, bütünlükçü bir beklentiye cevap vermesi beklenen 'ekolojik yapı' yaklaşımını tamamıyla yansıtmamaktadır. Yeşil bina sertifika sistemleri ile enerji verimliliğine dair çeşitli koşulları sağlaması halinde yapılar yeşil bina olarak kabul görmektedir. Teknolojik veriler ışığında ulaşabildiğimiz bu sistemler bütünü, doğaya minimum düzeyde zarar vermeyi amaçlamaktadır. Ekolojik yapılar ise tasarım bütününün doğa ile birlikte çalışması halidir. Bu çerçevede biyomimetik bilimi doğaya zarar vermemenin yanı sıra, doğadan öğrenerek doğal akışa uyum sağlamak üzerinden temellenmektedir. Yapıların yalnızca geleneksel yöntemlerle değil, biyomimetik bilimden faydalanılarak tasarlanmasının kolaylaştırıcı olabileceği; geliştirilecek yeni yapı sistemlerinde biyoloji ve mimarlık disiplinleri arasında kurulan köprüden yararlanılabileceği düşünülmektedir.

Bu araştırmada, biyomimikri kavramı çerçevesinde örneklem olarak, radikal sürdürülebilir yaşam destekçisi Mimar Michael Reynolds tasarımı olan Earthship projeleri incelenecektir. Biyomimikri kavramının henüz popüler olmadığı ve bilim olarak tanımlanmadığı zamanlarda uygulanan Earthship projelerinin, biyomimikri kavramıyla ve dolayısıyla ekolojik yapı yaklaşımıyla örtüştüğü gözlemlenmektedir. Yapıların, biyomimikri kavramının son aşaması olan bütünlükçü biyomimikri kavramına çok yakın bir yapı sistemi olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada, nitel araştırma yöntemlerinden genel tarama modeli kullanılarak biyomimikri kavramına ve Earthship projelerine dair bulgular edinilmiş; belgesel tarama modeli kullanılarak ise

[1] Öğr. Gör. Dr. , Haliç Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, İç Mekân Tasarımı Programı

yapıların çalışma sistemine dair plan ve şemalara ulaşılmıştır. Projelerin biyomimikri kapsamında tanımlanmasının, kavramı anlamada yardımcı olacağı ve geleceğe yönelik ülkemizde de denenecek yeni projelere fikir verebileceği düşünülmektedir.

Biyomimikri enstitüsünün web sitesinde yapılan tanıma göre; doğanın stratejilerini tasarıma çevirirken, uygulama bilimi üç temel unsuru içerir: Benzet (*emulate*), kültür (*ethos*) ve yeniden bağlan (*re-connect*). Bu üç bileşen, biyomimikrinin her alanına aşılanmıştır ve özünde bu temel değerleri temsil eder (Biomimicry Institute, 2022). Birinci bileşen; yenilikçi tasarımlar için doğadan öğrenmeyi ve bunu bilimsel metodlar ile yapmayı önermektedir. Araştırmaya dayalı verilerin kullanılması ve bilime dayalı metodların yeni tasarımlara yön vermesi gerekliliğini vurgulamaktadır. İkinci bileşen olan ethos; kültür ya da kültürel yapı olarak çevirilebilmektedir. Bu bileşen; yaşam koşullarına uyumlu ve doğal akışın çalışma prensibine denk düşen tasarımlara odaklanma felsefesine yönledirmektedir. Son bileşen olan yeniden bağlanma; sistemin bir parçası olarak dünyadaki yerimizle ve doğanın diğer bileşenleriyle kurulan bağın kuvvetlenmesidir. Buradan hareketle, doğayı daha iyi gözlemlemeyi ve anlamayı önermektedir. Son bileşen ile doğaya daha bağlı bir bakış açısıyla, yeni tasarımların geliştirilebileceği ve bu tasarımlarda doğru stratejilerin kullanılacağı önerilmektedir.

Yeni bir kavram olarak değerlendirilebilecek bu alan henüz 1960'lı yıllarda tanımlanmış olmasına rağmen, tarih boyunca insanlar doğadan ilham almıştır. Tasarımcılar doğayı gözlemleyerek ürünlerinin kimi zaman estetik değerini yükseltmek, kimi zaman kullanım kalitesini arttırmak istemişlerdir. Biyomimikri kavramıyla ileriye dönük, sürdürülebilir tasarımların üretilmesi için teknolojik imkanlardan da yararlanılan çalışmalar devam etmektedir. Mimarlık disiplini de diğer pek çok disiplin gibi, biyomimikri kavramından faydalanmaktadır. Dünyanın pek çok yerinde olduğu gibi bulunduğumuz coğrafyada da mekân tasarımlarında ya da malzeme kullanımlarında doğa taklit edilmiştir. Bu yöntemler kavramın tanımlanmasından daha eski tarihlere dayanmaktadır. Ancak kavramın tanımlanma tarihinden önce sürdürülebilir ve doğa dostu olarak tasarlanan mekânları kavramın dışında tutmamak gerektiği düşünülmektedir. Kavram çerçevesinde tanımlanmamış olmasına rağmen benzer yaklaşımlar ile tasarlanan ve faydalı sonuçlar alınan mekân tasarımları, kavramın kullanım alternatiflerine örnek olacak ve geleceğe yönelik tasarımlarda ilham verecektir.

Konu çerçevesinde yapılan mekân tasarımlarının yaygınlaşmaması, aynı deneysel çalışmaların tekrar yapılmasına ve tabii aynı hatalara tekrar düşülmesine sebep olmaktadır. Halbuki geçmiş yıllardan bugüne kadar doğanın taklit edilmesi yöntemiyle pek çok sorun çözülmüştür. Bu çözümlerin yeteri kadar evrenselleşmemesi ya da unutulması, aynı sorunlara yeniden çözümler üretmeyi gerektirmiştir. Gamage ve Hyde (2012) dünya çapında pek çok araştırmacı tarafından yapılan ekolojik yapı tasarımının yaygınlaşmasında beş engel olduğunu ileri sürmektedirler. Ekolojik bütünlüğün anlaşılamaması bu engellerden biridir. Doğa ilişkiler bütününün yeteri kadar incelenememesi ve yapılı çevreye uyarlanamamasını tanımlar. İkinci engel; çevresel prensipler faktörüdür. Doğadaki davranış biçimlerinin ve hiyerarşik ilişkilerin tam anlaşılamamasıdır. Üçüncü engel; ekosistemin yapısını net bir şekilde anlamama ve bu doğrultuda geliştirilen ekosistem teorisi, ekolojik teori vb. yaklaşımların anlaşılamamasıdır. Dördüncü engel; dil sorunundan kaynaklanmaktadır. Son yıllarda gelişen terminoloji çeşitliliğinin bu engele takılması çalışmaların yaygınlaşmasında zorluk yaratmaktadır. Beşinci engel ise; kavramsallaştırmadır. Doğal sistemin içindeki bağlamların anlaşılması ve hem estetik hem fonksiyonel hem de yerel malzemelerin birlikteğininin tam olarak anlaşılarak ilerlenmesi faktörünü tanımlamaktadır (Geçimli & Yamaçlı, 2018). Bu engeller ile yavaşlayan yaygınlaşma sürecini; deneysel çalışmaların sıklığı ve örneklerin daha fazla incelenerek hem literatüre katılması hem de yeni örneklerde yol gösterici olması yoluyla hızlandırmak gerektiği düşünülmektedir.

Bu nedenlerle çalışmada, genel tarama modeli kullanılarak 'biyomimikri' kavramı incelenmiş, ardından Michael Reynolds'ın tasarımı olan Earthship projeleri araştırma nesnesi olarak seçilmiştir. Radikal sürdürülebilir yaşam destekçisi olan Michael Reynolds; projelerini farklı coğrafyalarda uygulamış, tasarımlarını yerel şartları dikkate alarak yapmıştır. Earthship konsepti, '*Grand Designs*'

gibi popüler televizyon programlarında görünerek dünya çapında ivme kazanmaktadır ve son on yılda birçok ülkede Earthship'ler inşa edilmiştir. Üç Earthship ev topluluğu; Taos, New Mexico, ABD'de bulunmaktadır (yaklaşık 200 kişi barındırmaktadır) ve dünya çapında yüzlerce inşa edildiği tahmin edilmektedir (Freney, 2013).

Michael Reynolds, Earthship mekân tasarımlarında ısı, su, atık yönetimi, malzeme seçimi ve benzeri konularda doğadan ilham alarak geliştirdiği yöntemleri uygulamış, olumlu olumsuz yönlerini belirlemiştir. Aynı zamanda bulunduğu bölgede çeşitli araştırmalar yaparak, mekânları doğanın bir parçası olarak kurgulamaya çalışmıştır. Bu nedenlerle çalışmada Earthship projeleri ve biyomimikri arasında benzerlik kurulmuştur. İlave olarak bu örneğin seçilmesinin bir diğer sebebi; Earthship projelerinin yapımına daha eski tarihlerde başlanmış olmasına rağmen konu hala güncelliğini korumakta, projeler hala üretilmektedir. Tespit edilen benzerlikler ile kavram kapsamında değerlendirilecek projeleri örneklendirmek; yöntemlerini, faydalarını ve yanılgılarını incelemek amaçlanmıştır.

Biyomimikri Kavramı

Doğanın bir parçası olarak insan, doğal döngü ile uyum sağlamalıdır. 3.8 milyar yıldır varolduğu düşünülen dünyanın çalışma prensibi, problemlerin çözümünü ve kusursuz bir döngüyü getirmiştir. Doğa, her koşulda kendini yenilemekte ve değişime adapte olabilmektedir. Sorunların çözümünde yalnızca teknolojiye başvurulması fakat gelişen teknolojinin kullanımı esnasında doğanın dikkate alınmaması, doğal dengenin bozulmasına sebep olmaktadır. Bu durumun ortaya çıkardığı sorunların mevcuttaki sorunlardan çok daha büyük olması veya gelecekte olma ihtimali; teknoloji ve doğayı uzlaştırma gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle tekstil, mühendislik, mimarlık ve benzeri çeşitli disiplinlerde doğanın benzetimi yoluyla yeni tasarımların yapılması; teknoloji ve doğanın ortaklaştığı bir yerden hereket edilmesi ihtiyacı doğmuştur.

Biyolojinin öğrenilmesi, taklit edilmesi, kopyalanması konusu 1960 yılında Jack Steele tarafından dile getirilirken, Otto H. Schmitt tarafından 1969 yılında 'biyomimetik' terimi ortaya atılmıştır (Bar-Cohen, 2005). Sonrasında 1997 yılında Janine M. Benyus tarafından kaleme alınan '*Biyomimikri: Doğadan İlham Alan İnovasyon*' başlıklı kitap, kavram üzerine çalışanlar için yol gösterici olmuştur. Biyomimesis kelimesi etimolojik olarak incelendiğinde; yunanca 'yaşam' anlamına gelen 'bios' ve 'taklit' anlamına gelen 'mimesis' kelimelerinden oluşmaktadır. Bugün bir bilim dalı olarak tanımlanan biyomimesis, doğanın temel çalışma prensibini, insan yapımı üretimlere uyarlayarak sürdürülebilir ve doğa ile birlikte çalışan tasarımların yolunu açmayı hedeflemektedir.

Janine M. Benyus, '*Biyomimikri: Doğadan Esinlenen İnovasyon*' (*Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*) isimli çalışmasında: "Doğaya hükmetmeye veya onu geliştirmeye alışkın bir toplum için, bu saygılı taklit radikal bir yaklaşımdır. Sanayi devriminin aksine biyomimikri devrimi, doğadan neler alabileceğimizin değil, ondan neler öğrenebileceğimizin önemini ortaya koyar." demektedir (Benyus, 1997). Sanayi devrimi ile birlikte hızla gelişen tüketim alışkanlıkları geliştirilmiş, ekosistemden daha fazla almak ve bu alınanı hızlıca tüketmek için pratik yollar üretilmiştir. Alışılageldik şekilde insan yararına kullanmak için doğadan çalarak, doğayı tahrip etmenin tersi bir yaklaşımla biyomimikri bilimi; çeşitli alanlarda çalışan tasarımcılara doğadan öğrenmenin yollarını sunmaktadır. Sürdürülebilir tasarımlar için doğanın 3.8 milyar yıldır kullandığı yöntemleri araştırarak, taklit etmeyi önermektedir. Doğanın kendi içinde sorunsuz bir şekilde sağladığı süreklilik; mekân tasarımcılarının yapılı çevreyi tasarlarken biyomimikriden faydalanarak sürdürülebilir mekânlar yaratmasını olanaklı kılabilecektir. Gerek görülen noktalarda yapılacak biyoloji ve fizik araştırmalarının, teknolojik yöntemlerle yeni tasarımlara uygulanması pek çok açıdan kolaylık sağlayacaktır. İlave olarak, bunun biyomimikri kavramının önerdiği üç bileşen çerçevesinde yapılması, yeni tasarımların doğada mümkün olduğunca az tahribat yaratması konusunda da geleceğe dönük bir tasarım yaklaşımı olacaktır. Benyus çalışmasında doğanın kuralları, stratejileri olarak dokuz madde belirtmiştir:

a) Doğa güneş ışığından faydalanır,

b) İhtiyacı olduğu kadar enerji kullanır,

c) Formu işleve uydurur,

d) Herşeyin geri dönüşümünü sağlar,

e) Birlikte çalışmayı ödüllendirir,

f) Çeşitliliğe bağlıdır,

g) Yerel uzmanlıklardan yararlanır,

h) Fazlalıkları kontrol altına alır,

i) Sınırları zorlar (Benyus, 1997).

Doğanın çalışma prensiplerini göz ardı etmeyen yeni tasarımların; biyolojik stratejileri taklit ederek, 'doğadan çalmadan tasarlama' yaklaşımına sahip olması gerekmektedir. Çok uzun yıllardır teknolojiden faydalanarak yeni üretimler yapılmaktadır. Bu üretimlerin, doğanın prensiplerini gözardı etmesi nedeniyle doğa ve teknoloji zıt noktalara yerleştirilmiştir. Üretimlerin geri dönüşümlerinin düşünülmemesi, doğayla uyum içinde bir çalışma prensiplerinin olmaması gibi sebeplerle her geçen gün farklı felaketler gün yüzüne çıkmaktadır. Gelecekte ekosistemde olacaklar konusunda yürütülen tahminler ya da bilimsel çalışmalar ise korkutucu boyutlara ulaşmaktadır. Fakat biyomimesis bilim ile birlikte karşılıklı bir alışveriş önerilmiş ve doğanın yol göstericiliğinde tasarlamak amaçlanmıştır.

Biyomimetik bilim aynı zamanda disiplinler arası bir yaklaşımı gerektirmektedir. Biyoloji ve fizik alanlarında yapılan araştırmalar ile doğanın sırları öğrenilerek, taklit edilmektedir. Doğadan esinlenilen tasarımların ürüne dönüştürülmesi için biyologların, mühendislerin ve ilave disiplinlerin birlikte çalışması gerekmektedir. Vincent çalışmasında biyolog ve mühendislerin birlikte çalışması gerekliliğini şöyle aktarmaktadır: "Biyoloji ve mühendisliğin doğası ve organizasyonu çok farklıdır. Organizmalar bir evrim ve doğal seleksiyon süreciyle gelişir; biyoloji büyük ölçüde tanımlayıcıdır ve sınıflandırmalar oluşturur. Oysa mühendislik karar vermenin bir sonucu olduğu için kuralcıdır, kurallar ve düzenlilik oluşturur" (Vincent, 2006). Her disiplinin uzmanları tarafından doğadan örnek alınabilecek çok fazla içerik bulunmakta, doğru organizasyon ile karşılıklı fayda sağlanabilir hale gelmektedir. Dolayısıyla biyomimetik biliminden faydalanırken, disiplinlerarası bir çalışma şart denecek kadar gereklidir.

"Carl Hastrich doğadan elde edilen bilgilerin tasarım ürününe dönüştürülmesi ile ilgili Janinie Benyus ve Dayna Baumister'in bilgilerine dayanarak bir şema hazırlanmıştır Bu şemaya göre ilk olarak belirleme aşaması yer almaktadır. Bu aşamada ana amaç bir kişinin ihtiyacının belirlenmesidir. Tercüme dediği ikinci aşama ise bu gereksinimi ortaya çıkaran sorunun doğadaki çözümün karşılığı nedir sorusuna yanıt bulmaktır" (Genç, 2013). Şemanın devamında gözlemleme, soyutlama, uygulama, değerlendirme ve son olarak saptama aşamaları bulunmaktadır. Tüm bu şema sonucunda biyomimetik bilim ile istenilen sonuca varılacağı düşünülmektedir.

Biyomimikri enstitüsü tarafından web sitesinde dikkat çekilen bir diğer nokta, biyo-kullanım (*bio- utilization*) ile biyomimikri kavramlarının birbirlerine karıştırılmamasıdır. Biyo-kullanım olarak düşünülebilecek örnekler için; tasarımda canlı organizmaların doğrudan kullanılması gösterilebilir. Tasarım içinde çeşitli bitki türlerini kullanarak bazı sorunlara çözüm üretmek ya da canlı organizmalardan üretilen malzemeleri kullanmak biyo-kullanıma örnek olmakla birlikte, biyomimikri kavramını tam olarak yansıtmamaktadır. Bu alternatifi de olumsuz yorumlamamanın yanında, iki yaklaşım birbirinden ayrılmalıdır. Biyo-kullanım örnekleri de zaman zaman biyomimikri örneklerinin içinde görülebilmektedir. Ancak biyomimikri kavramı biyo-kullanım şemsiyesinin altına sığmayacak kadar gelişkin ve bütüncül bir anlayışı temsil etmektedir. Biyomimikri; prensipleri

sonucu sürdürülebilir çözümler geliştirmesi ve doğaya öykünmesi gerekliliğini sağlamalıdır. Doğrudan doğadan alınan bir parçanın yerleştirilmesi, biyo-kullanım tanımına karşılık gelmektedir.



Şekil 1. **Velcro Bandı ve Dulavrat Out (Cengiz, 2018).**

Biyomimikri kavramına Şekil 1'de görülen, İsviçreli mühendis Georges de Mestral'ın gezinti sırasında kıyafetlerine takılan dulavratotu bitkisinin dikkatini çekmeysiyle yapmış olduğu tasarım örnek olarak verilebilir. Bitkinin hızlıca tutunması ve kolaylıkla ayrılmaması özellikleri, tekstil ürünlerinde faydalı olacak özelliklerdir. Mühendis Georges de Mestral dulavratotu bitkisini gözlemleyerek tekstilde kullanabileceği düşüncesiyle üzerine çalışmalar yürütmüştür ve velcro bantları adıyla bilinen işlevsel ürünü tasarlanmıştır (Geyik Değerli, 2020). Bu tasarım sayesinde özellikle tekstil sektörünün bir sorunu çözülmüş, doğadan öğrenilecek pek çok bilgi olduğu kanıtlanmıştır.

Tekstil sektöründe ve daha pek çok alanda olduğu gibi mekân tasarımında da biyomimikri kavramının yol göstericiliğinden faydalanılmaktadır. Mimarlığın yalnızca form odaklı bir disiplin olmamasından kaynaklı biyomimesis bilimin çeşitli yönlerinden faydalanmak söz konusudur. Formun ya da renklerin taklidi ile bir öykünme söz konusu olabilirken; daha gelişmiş haliyle tasarımı kapsayan sorunlar bütününe de, doğayı gözlemleyerek çözüm üretilebilmektedir. Ya da tüm bunları kapsayarak, ekosistemin işleyişine dair bir öykünme ile tasarımlar geliştirilebilir. Bu noktada mimari, biyoloji ve fizik disiplinleri arasında bir köprü kurarak; sürdürülebilirlik stratejileri sayesinde doğayla uyum içinde çalışan mekân tasarımları yapılabilmektedir. Doğada görülen tasarım özellikleri içinde: "Organizmaların yaşam alanlarını tasarlarken dikkat ettikleri önemli tasarım ölçütlerini kullanıyor olmalarıdır; örneğin ısı kontrolü, oksijen ve solunum, nem kontrolü ve su yönetimi, yırtıcılara karşı savunma, gıda depolama, toprağı işleme-kültivasyon ve strüktür temel olanlarıdır" (Karabetça, 2018). Doğanın dayanıklılığı, esnekliği, kendini yenilemesi gibi özellikler yapı sistemlerinde de mimarlar için aranılan özelliklerdir. Mimari bir yapıda olması beklenen güvenlik, işlevsellik ve estetik kavramları bu özelliklere karşılık gelmektedir. Aynı zamanda enerji kullanımı nedeniyle doğaya verilen tahribatın azaltılması için yöntemler aranması, gün geçtikçe artan nüfus ve doğru orantılı artış gösteren yapı fazlalığının yok edici hale gelmemesi için de gereklidir.

Örneğin İngiltere'de bulunan, dünyanın en büyük serası olarak adlandırılan ve 2001 yılında kullanıma açılan Eden project, 1996 yılında Nicholas Grimshaw tarafından tasarlanmıştır. Biyolojiden faydalanılarak tasarlanan projede, zemininde bulunan büyük çukurlar nedeniyle, yapılar kabarcıklar şekilde tasarlanmıştır. Sürdürülebilir mimari örneklerinden olan proje, beşgen ve altıgen hücrelerden oluşmaktadır. Yüzlerce çeşit bitki türünün barındığı projenin kabuk kısmında cam kullanmak yerine bir polimer olan EFTE malzemesi tercih edilmiştir. Camın tercih edilmemesinin birinci sebebi, camın yapıya verdiği ağırlık; ikinci sebebi ise bitkilerin bulunduğu bu yapıda daha az

gün ışığı alımına sebep olmasıdır. **3 bin 385 türe ait 97 bin 400 bitkinin bulunduğu proje gün ışığı hesaplamaları açısından büyük dikkat gerektirmiştir (Peyzax, 2022).** Çift camın yüzde bir ağırlığında olan bu malzeme tercih edilerek, taşıyıcı konumda olan çelik kullanımı da azalmış ve projede fayda sağlanmıştır. Yapının kabuk bölümünün tasarımında yusufçuk böceğinin kanatlarından esinlenilmiştir (İnner, 2019). Şekil 2'de görüldüğü gibi kubbe tasarımlarının çelik bağlantılarında yusufçuk böceğinin kanatlarındaki düzgün altıgen birleşimlerden faydalanılmıştır.



Şekil 2. Eden Project (**Peyzax, 2022**).

Biyomimikrinin uygulanma yolu hakkında ise iki farklı yaklaşım vardır. Bunlardan biri 'indirgeyici (*reductive view*) biyomimikri', diğeri 'bütünlüğe ait (*holistic view*) biyomimikri'dir. İndirgeyici biyomimikri; biyoloji temelli teknolojilerin mühendislik/tasarım alanında yaygınlaştırılmasıdır. Bu yaklaşımda, gözlemlenen tekil bir konu tasarıma yansıtılmaktadır. Herhangi bir soruna çözüm bulmaya odaklanmış bu biyomimikri seviyesinde, doğadan ilham alınarak inovatif bir çözüm geliştirmek yeterlidir. Bütünlüğe ait biyomimikri yaklaşımında ise tasarımların ekolojik olarak sürdürülebilir olması ve doğaya zarar vermemesi prensibi üzerinde durulmaktadır. Daha geniş kapsamlı bir yaklaşım söz konusudur. Ekosistemi taklit ederek, eko-tasarım yapmak amaçlanmaktadır (Eryılmaz, 2015). Biyomimikrinin bu seviyesi için indirgeyici tasarımlar ya da biyo-kullanım yeterli değildir. Tasarım bütünü doğadan öyükünülen kısım gibi çalıştırılmalıdır.

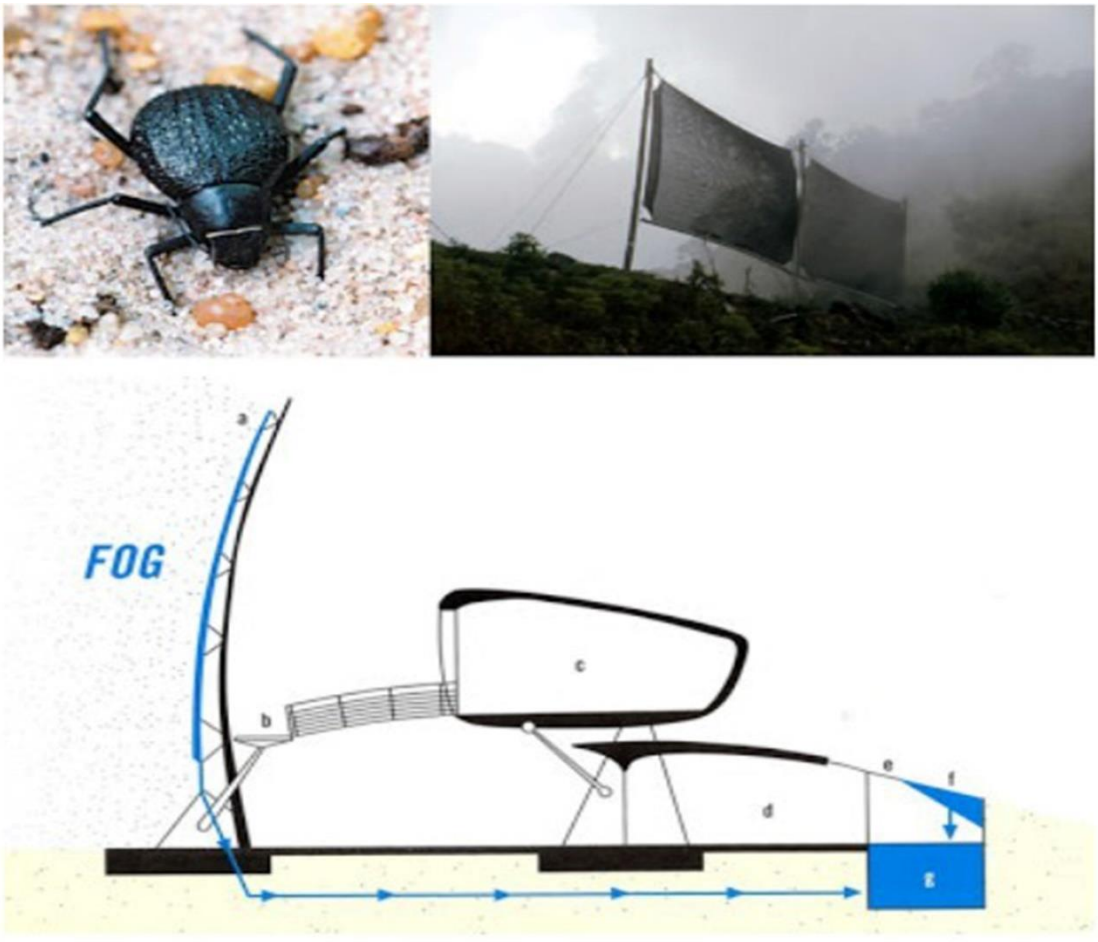
Biyomimikrinin uygulama seviyeleri şekil 3'te görüldüğü gibi indirgeyici biyomimikri ve bütünlüğe ait biyomimikri arasında çeşitli geçişler içermektedir.



Şekil 3. Biyomimikri Seviyeleri (Volstad & Boks, 2008).

Birinci seviye olan 'doğal formun taklidi' doğada cansız ya da canlıların formundan esinlenilerek problemlerin çözümünü aramaktır. Bu seviye genellikle biçimsel bir kaygıya yanıt olmaktadır. Doğada gözlemlenen bir baykuş türünün tüyü içinde görülen kıvrımları taklit ederek, kumaş üzerinde uygulamak örnek olarak verilebilir. Ancak biyomimikrinin bu seviyesinin, her ne kadar bir sorunun çözümünü beraberinde getirmiş olsa da sürdürülebilirlik ile ilgili bir öneriye çözüm getireceği söylenemez (Volstad & Boks, 2008). Bu aşamaya malzeme kimyasında verilebilecek bir örnek ise; kelebek kanatlarında bulunan yapısal rengin, malzemeye aktarımı için yapılan çalışmalardır. Kelebek kanatlarında ışığın yarattığı nanometre ölçekli değişimler ile sağlanan parlaklık, bugün çeşitli üretimlerde olduğu gibi yapı malzemelerinde de denenmektedir. Gerek renk gerek doku gerek parlaklık konusunda esinlenerek tasarımları üretmek, biyomimikrinin bu seviyesine dahildir.

İkinci seviye; doğal sürecin taklit edilmesidir. Doğada ortaya çıkan belirli bir soruna üretilen çözümü gözlemleyerek, mevcut sorunlara öneri getirilmektedir. Biyomimikrinin bu seviyesine, namibya çöl böceğinin (*stenocara*) geceleri denizden gelen nemli havayı su taneciklerine dönüştürmesi örnek olarak gösterilebilir. Siyah kabuğunda hidrofiller görülen namibya böceğinin kabuğunda depoladığı su taneciklerini gün doğmadan önce ağzına akıttığı gözlemlenmiştir. Bu böceğin yaşadığı doğanın ona getirdiği zorluğa karşı ürettiği çözüm belli bir süreci işaret etmektedir. Namibya böceğinin geliştirmiş olduğu çözümden esinlenerek İngiliz Mimar Matthew Parkes, Namibya Üniversitesi hidroloji merkezi için havaalanı pistlerinde sisi temizleyen ve depolayan bir tasarım geliştirmiştir (şekil 4). Namibya böceğinin doğal süreci gözlemlenerek tespit edilmiş bir soruna dair çözüm geliştirilmiş, coğrafyayı insan türünden daha iyi tanıyan bu böcek türünden bilgi edinme konusunda faydalanılmıştır.



Şekil 4. Stenocara Böceği Ve Matthew Parkes'in Namibya Üniversitesi Hidroloji Merkezi Tasarımı (Thomas, t.y.).

Üçüncü seviye; ekosistemin taklit edilmesidir. 3.8 milyar yıldır pek çok farklı sebeple oluşan değişimlere göre şekil alabilen ve varlığını sürdürebilen doğanın bütünlükçü bir yaklaşımla ele alınmasını önermektedir. Üretimin çevreye zarar vermeden yapılması, kullanım süresi içinde doğa ile uyumluluğunu koruma ve ömrü tamamlanınca da yeniden geri dönüştürülebilme sürecinin bütününü sağlamak amaçlanmaktadır. Ekosistemin çalışma prensiplerini dikkate alarak insan üretimlerini doğal sürecin parçası haline getirebilmek hedeflenmektedir. Bütünlüğe ait biyomimikriyi tanımlayan bu seviye, birinci seviye olan doğal formun taklidini ve ikinici seviye olan doğal sürecin taklidini de içermektedir. Bütünlüğe ait yaklaşımda eko-tasarım anlayışı hakimdir. Dolayısıyla biyomimetik sürecin tüm seviyeleri, bütünlüğe ait biyomimikri şemsiyesi altında toplanabilmektedir.

Form arayışından, daha gelişkin sürdürülebilir tasarımların arayışına veya ekosistem esinlenmesine kadar farklı yaklaşımların olduğu biyomimikri kavramı; günlük pratikte zaten parçası olduğumuz doğadan öğrenmemiz gereken bilgilerin arayışındadır. Bu bilgiler ile ortaya çıkacak ürünlerin doğayla mücadele içinde değil uyum içinde olması hedeflenmektedir. Bununla birlikte biyomimetik yaklaşımlar türlerin yok olmasının önemini de bir kez daha insanlara hatırlatmaktadır. Doğal dengenin bozulmasıyla varlıkları tehlikeye girenler de dahil olmak üzere hayvan ve bitki türlerinden, basit bileşenlerin ya da güneş ışığının kullanımıyla biyolojik olarak parçalanabilir lifler, seramikler, plastikler ve çeşitli kimyasallar gibi ürünlerin üretim tekniklerine dair bilgiler edinilebilmektedir. Doğa zaten bir çok insan yapımı cihaz, ürün ve mekanizma için model sağlamıştır (Bar-Cohen, 2005).

Biyomimikri kavramının tanımlanma sürecinde ve öncesinde ekosistem temelli, biyomimetik yaklaşımların belli yönlerine örnek gösterilebilecek mimari tasarımlar olmuştur. Mithūn Architects ve GreenWorks Peyzaj Mimarlığı Danışmanlarını içeren bir tasarım ekibi tarafından Portland, Oregon için önerilen Lloyd Crossing Projesi örnek olarak gösterilebilir (şekil 5). Proje geliştirilmeden önce yerleşim yerinde ekosistemin nasıl işlediğine dair tahminler, *Predevelopment Metrics* tarafından, uzun süreli bir periotta projenin ekolojik performansına yönelik hedefler belirlemek için kullanılmıştır (Zari, 2007). Tasarım süreciyle ve özellikleriyle, bütünlüğe ait biyomimikri için kapsamlı bir örnek olduğu söylenebilir.



Şekil 5. Lloyd Crossing Project, Portland, USA (Zari, 2007).

Bu çalışmada da mimari yaklaşımını 'biotecture' olarak tanımlayan Michael Reynolds'ın Earthship projeleri araştırma nesnesi olarak incelenmiştir. Projelerin bütünlüğe ait biyomimikriye örnek gösterilebilecek özelliklere sahip olduğu düşünülmektedir. Kavramın önerdiği yöntemlere benzer yöntemler kullanılarak tasarlandığı düşünülen yapıların, başlangıçta deneysel nitelikte olduğu, ardından geliştirilerek pek çok afet bölgesinde hızlı bir şekilde uygulanabildiği görülmüştür.

Bununla birlikte Benyus (1997): "Doğa bize, ekosistemlerin, sistemin nasıl çalışacağını bilen yerel uzmanlardan oluştuğunu öğretir" diyerek kavramın doğru uygulanışında yerelde yaşayan kişilerin bilgilerinin ve coğrafi şartların ne derece önemli olduğunu vurgulamaktadır. Eartship

projelerinin de büyük bölümünün bölge halkıyla birlikte yapılıyor olması ve coğrafi şartların derinlemesine incelenmesi, araştırma nesnesinin seçiminde belirleyici olan bir diğer etken olmuştur.

Michael Reynolds Ve Earthship Projeleri

Tasarlanan mekânlarda kendi döngümüzü sağlayabileceğimizi savunan 1945 ABD doğumlu mimar Michael Reynolds kendini 'biotecture' olarak tanımlamaktadır. Globe sitesinde yayınlanan röportajda Reynolds'a göre; paranın mimari üzerinde olan etkisi, aynı şeylerin tekrarı ve gezegende nasıl yaşadığımız hakkında yeteri kadar düşünülmeden tasarımların yapılması mimariyi mantıksızlaştırmaktadır. Bu durumun bir tuzak olduğunu ve mimarlığın bu halini sevmediği için 'biotecture' adını verdiği uzmanlık alanını geliştirdiğini söylemektedir (Besant, 2015). Radikal sürdürülebilir yaşam destekleyicisi olduğunu ifade etmekte ve atık hacim değerlendirilmediği için mimarlık mesleğini tenkit etmektedir. Michael Reynolds'ın mimari yaklaşımı ve biyomimikri kavramı arasında benzerlik kurmadan önce, mimarın kendi mimari yaklaşımını ifade eden söylemlerine dikkat çekilmelidir. Reynolds: "Binaların yeryüzünün doğal olaylarıyla denk gelen makineler olması gerekiyordu. Biyolojik, çevresel ve fiziksel bir makine olması gerekiyordu. Bu nedenle daha çok biyoloji ve fizik araştırması yapmaya başladım" demektedir (Besant, 2015). Kendi ifadesiyle biyoloji ve fizik araştırmalarından faydalandığı mimari yaklaşımı, biyomimesis bilimin tasarımlarda önerdiği bakış açısıyla benzemektedir.

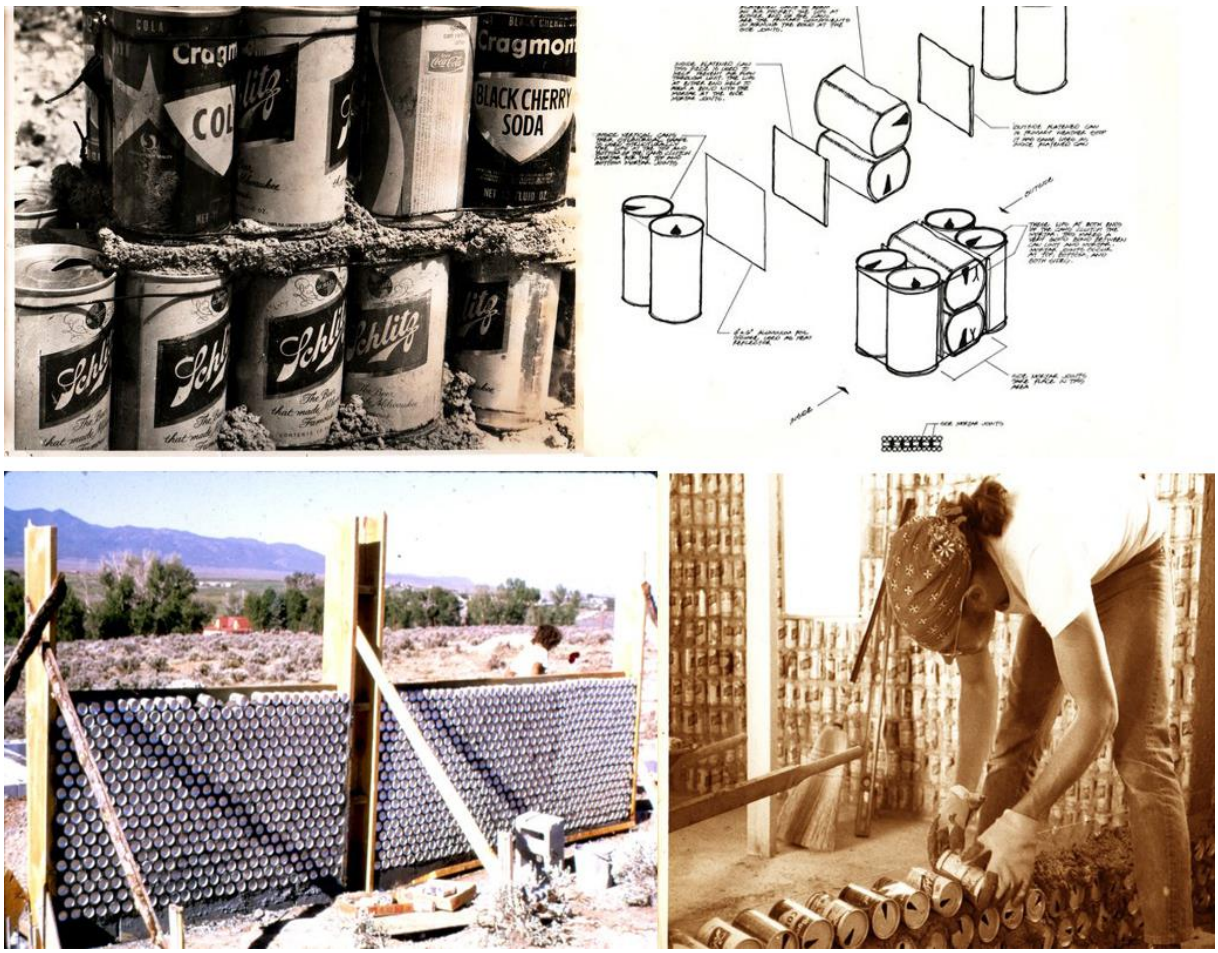
Mimari yaklaşımını işlerine yansıtabilmek için kendi şirketini kuran mimar, atıkları işleme sokmadan geri dönüştürmenin yollarını aramış, çeşitli deneysel çalışmalar yapmıştır (şekil 6). Bunları yapılarda kullanan mimarın, 1971 yılında yapılan haberlerle beraber işlerine olan ilgi artmıştır. Aynı yıl içerisinde Reynolds geri dönüştürülmüş atıkları kullandığı ilk projesine başlamıştır. 1973 yılında ise teneke kutulardan yaptığı yapı blokları için patent almıştır.



Şekil 6. Michael Reynolds, Teneke kutuların kullanımı (Ferris,2008).

Reynolds'ın geri dönüştürülmüş malzemeleri kullanarak yapılar tasarlama amacıyla kurduğu firmasında enerjinin ve yapı elemanlarının kullanımında doğadan öykünen ve çevre dostu olan

binaların yapıldığı görülmektedir. Alüminyum kutular, kullanılmayan lastikler ve şişeler ana materyal olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda yapılar; pencerelerin, kapıların, duvarların ve zeminin kışın güneş enerjisini depolayan ve yansıtan, yazın ise ısıyı yapı içine almayan pasif solar sisteme ve doğal havalandırmaya sahip olduğu şekilde tasarlanmaktadır (şekil 7). Reynolds Earthshipler için: "Earthship, kendi kendine yeten bir temelde çalışan ve büyük ölçüde geri dönüştürülmüş ve geri kazanılmış malzemelerden, özellikle korunaklı duvarda geri kazanılmış araba lastikleri ve cam şişelerin kullanımıyla inşa edilen bağımsız bir gemi konseptini benimsiyor" demektedir (Ip & Miller, 2009). Tasarlanan bu projelerle, insan ve habitatı arasında oluşan engellerin silikleştirilmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 7. Earthship projelerinde teneke kutuların kullanımı (Earthshipglobal, t.y.).

Atıklar üzerinde yapılan araştırmalar neticesinde, özellikle temellerde kullanılan lastiklerin işlevlendirilmesi dikkat çekicidir. Toprak ile doldurulmuş lastikler sağladığı mukavemet ve yük taşıyıcı özellikleri nedeniyle duvar olarak kullanılabilirken aynı zamanda temel görevi görerek yükü zemine aktarmaktadır. Bununla birlikte termal kütle depolama görevi de görmektedir. Lastiklerin dış yüzeyinde ısı yalıtımı sağlamak amacıyla özel ürünler kullanılan yapılar çoğunlukla at nalı şeklinde, duvarlar ise genellikle arı peteği şeklinde tasarlanmaktadır (şekil 8). Arı peteğinden esinlenilerek yapı içinde ısı kontrolü sağlanmaktadır. Bu yöntemle herhangi bir fosil yakıt kullanılmadan yapı içerisinde bulunan sıcaklık stabil tutulmaktadır. Bir kaç farklı esinlenme yöntemiyle yapı temel ve duvarları için sürdürülebilir çözümler üretilmiş, bu sayede hem yenilikçi mimari çözüm örnekleri sunulmuş hem de geri dönüşümü zor olan lastik atıklarından faydalanmanın yolları bulunmuştur. Bu çözüm yolunun atıkların değerlendirilmesi hususunda sürdürülebilir ve ekolojik olduğunu söylemenin yanı sıra, duvar ve temellerde uygulanma şeklinin doğadan esinlenerek belirlenmesi nedeniyle biyofili örneği olduğu da görülmektedir.



Şekil 8. Earthship projelerinde lastiklerin kullanımı, New Mexico, ABD (Arch2o, t.y.).

Tasarım ekibinin yapılarda kullanılan yöntemler ve malzemeler ile ilgili web sitelerinde yapmış olduğu açıklamada:

"Lastikleri kullanmamızın nedeni termal kütlenin depolanması, statik açıdan en ekonomik ve çevreye uygun yöntem olmasıdır. Toprak ile sıkıştırılmış lastikler tuğla için mükemmel bir forma sahiptir. Amerika Birleşik Devletleri'nde şu anda 2.5 milyar kullanılmış lastik mevcut ve her yıl 2.5 milyon kadar daha atık lastik çıktığı için malzeme sıkıntısı olmuyor. Projelerde kerpiç malzemesinin kullanımı da yaygındır, geri dönüştürülebilir malzemeler olarak ahşap ve metal de kullanılmaktadır" denmektedir (Earthship Biotecture, 2022).

Atıkların işlemden geçirilmeden geri dönüşümünü sağlayan yöntemler ile kendi kendine yetecek kadar üreten, doğadan çalan değil, öğrenen teknikler önerilmektedir (şekil 9-10). Yapıların gezegen üzerinde olumsuz etkilerini azaltarak, gezegen ve insanın birbirleri üzerinde yarattığı stresi azaltmak amaçlanmıştır. Açıklıklar, fenestrasyton, oryantasyon, ısı kaybı ve ısı kazancı stratejileri hesaplanarak yerel ihtiyaçlar (iklim, zemin v.b) bağlamında mekânlarda uygun ortamı sağlamak hedeflenmektedir. Geleneksel yöntemlerden daha güvenli olduğu iddia edilen hesaplamalar ile tasarımların daha sürdürülebilir ve sağlıklı olduğu düşünülmektedir. Bu yapım yöntemleri kısmen ya da tamamen geleneksel yöntemlerin yerini alabilmektedir. Şebekeden bağımsız ve kendi içinde işleyen bir makinaya benzeyen bu yapıların, kullanıcısının psikolojik ve fizyolojik rahatlığını arttıracağı düşünülmektedir (Earthship Biotecture, 2022). Kullanıcıların tüketim alışkanlıklarının değişerek, tüketici konumdan üretici konuma gelmelerine de olanak sağlanmaktadır. Modern bir ekranın dışına çıkarak doğa ile temas kurmanın anlaşılmasına katkı sağlayacağı, insan ve doğayı birbirine bağlayacağı düşünülmektedir. Biyomimikri bileşenleri ile de uygun düşen bu yaşam tarzı, mekânı tasarlayarak başlayan bütüncül bir sürece işaret etmektedir.



Şekil 9. Big Sky projesi, Montana, ABD (Muratoğlu,2019).



Şekil 10. Earthship projesi iç mekân görüntüsü (Muratoğlu, 2019).

Fazla atıkların tekrar kullanılamaması, doğada çözünmemesi ya da gereksiz enerji harcamaları gerek kullanıcıları gerekse yapıları tüketici olarak konumlandırmaktadır. Sanayi devrimi ile birlikte fazla tüketici olmanın başarı gibi görüldüğü toplumsal yaşantı, Reynolds gibi tasarımcılar tarafından gerçekçi bulunmayarak bir gün telafisinin gerekeceği ön görülmüştür. Earthship modeli bu tüketim

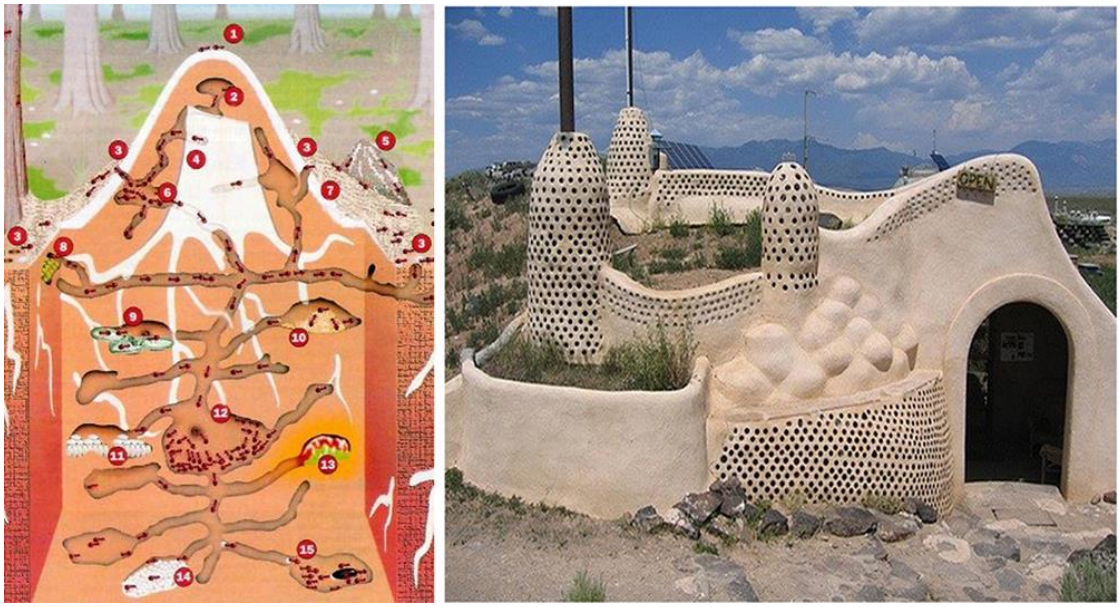
alışkanlıklarına alternatif olarak üretilmiş ve yapıların üretileceği coğrafyanın netleşmesi itibariyle, doğayla uyum içinde yapılar üretilmesi için çalışmalar yapılarak tasarlanmıştır.

Örneğin yapıların doğal kaynakları kullanmalarının öncülü ana şebekeden kaynakların çekilmesidir. Reynolds ana şebeke ile bağlantının kopması halinde, kaynakların birkaç kez kullanılabileceği veya hiç kullanımına gerek olmayacağı düşüncesi ile Earthship projelerini geliştirmiştir. Yapıları şebekeden koparan önemli özelliklerinden biri; yel değirmenleri ile üretilen elektrik sistemi ve yeterli kapasitede pillere depolanan elektriktir. Ürettikleri elektiriği depolayarak şebekeden kopan, ihtiyaç kadarını kullanan Earthship yapıları, kullanıcının tasaruf etmesini sağlarken, tüketimini gözlemlemesine de olanak sağlamaktadır. Yaşam maliyetini düşürmek konusunda önemli bir etkisi olan elektrik faktörü, üretilerek ve depolanarak yapı içinde çözüme ulaşmaktadır.

Evsel atık su arıtma yöntemleri ve kanalizasyon alternatifleri de yapıların özellikleri arasındadır. Projelerde kompost tuvalet kullanımını önererek, karbon ayak izini en aza indirmek hedeflenmektedir. Hazne kapasitesi ile çalışan bu klozet türleri, atıkların sağlıklı bir şekilde toprakla buluşmasına olanak sağlamaktadır. Sürdürülebilir bir yöntem olan kompost tuvalet kullanımı projelerde önerilerek bütüncül bir yönteme yaklaşılmaktadır.

Bu unsurların yanında, kişinin kendi yiyeceğini yetiştirmesi için konut etrafındaki geniş botanik hücreler ile de karınca yuvalarından ilham alınmaktadır (şekil 11). Ekosistemin çoğunda yaşayabilen karıncalar, başarılı bir sosyal örgütlenmeye ve kaynakları verimli bir şekilde kullanarak depolamaya yatkındırlar. Earthship projelerinde de aynı işleyiş kurulmak istenerek botanik hücreler oluşturulmaktadır. Botanik hücrelerde yapının konumlandığı lokasyona uygun organic gıda üretiminden faydalanılarak, kullanıcıların ekosistemin bir parçası olması sağlanmaya çalışılmaktadır.

Organik gıda üretiminin yanında gıda depolama alanları, yapının dış görünüşü, yalıtım ve konut iç mekânı ile kurulan ilişki açısından da karınca yuvalarıyla benzer özellikler taşımaktadır (şekil 12). Bunun yanında yine botanik bahçeler, güneşin düşük açısına bağlı olarak sonbahar, kış ve ilkbaharda aşırı ısı üretme eğilimindedir ve yaz aylarında sera, yüksek güneş açısı ve bitki büyümesinin yarattığı gölgenin neden olduğu daha az güneş ışığı nedeniyle daha soğuktur (Freney, 2013). Dolayısıyla botanik hücreler sayesinde hem toprakla hem havayla hem suyla iş birliği kurulmaktadır. Biyomimikri kavramının en geniş kapsamlı seviyesi olan bütünlüğe ait biyomimikrinin işaret ettiği uygulama şekli, Earthship projelerinde botanik hücrelerde de görülmektedir.



Şekil 11. Karınca yuvası ve Earthship projesi (Yapı Güncesi, 2011).

Botanik hücrelerin sulama sisteminde gri su kullanımından faydalanılmaktadır. Hiçbir kaynağın boşa kullanılmaması ilkesiyle tasarlanan yapılarda evsel atık su, bitkilerin sulanması için bir kuyucukta toplanarak arıtma hücrelerinde arıtılmaktadır. Suyun fazla olması halinde tekrar su tankına geri pompalanmakta ve tuvalet suyu olarak kullanılmak üzere filtreden geçirilerek bekletilmektedir. Tuvalette kullanılan su ise, geleneksel septik tanka gönderildikten sonra dış peyzaj bitkileri ile dolu ve dışı kauçuk kaplı bir başka botanik hücreye gitmektedir. Geleneksel bir evde kullanılan suyun yaklaşık %40'ının tuvalet sifonu için harcandığı düşünülecek olursa yapının kendi içinde yarattığı gri su döngüsünün önemi anlaşılacaktır.

Earthship çatısına düşen her yağmur damlası hem kullanım hem içme amaçlı arıtılmaktadır. Bu şekilde Earthship döngüsüne giren her su damlası dört kez kullanılmakta, böylece evler yeryüzü veya belediye kaynaklarından uzun süre su çekmeden kendi döngüsünü devam ettirebilmektedir. Tasarım ekibinin açıklamasına göre: "Earthship tüm sularını yağmurdan ve çatıda eriyen kar suyundan toplar ve bu suyu sarnıçlarda depolar. Sarnıçtan pompa yardımıyla gelen su, filtre sistemi ile temizlenir. Temizlenen su güneş enerjili sıcak su ısıtıcısına ve bir basınç tankına gönderilir. Oradan sonra banyo yapmak, bulaşıkları yıkamak ve çamaşır yıkamak için kullanılır" (Earthship Biotecture, 2022).

Tüm bu tasarım bütünü sonucu Earthship projelerinde elektrik, doğalgaz, su ve kanalizasyon için şebeke ile bağlantı kurma gerekliliği büyük oranda kalkmış olur. 1970'li yıllardan itibaren çeşitli deneme yanılma yöntemleri ile uygulanan örneklem yapı tipinde, geçmiş tarihlerde pek çok aksilik de yaşanmıştır. Ancak bir bakıma deneysel bir yapı tipi olan Earthshipler, hataları ve doğruları ile doğadan öğrenmenin en güzel örneklerinden biridir. 2000'li yıllara gelindiği zaman ise hata payı giderek azalmış ve Earthshiplere ilgi artmıştır.



Şekil 12. Earthship botanik hücreleri (Earthshipglobal, t.y.).

Ancak yapılmaya başlandığı süreçte yenilikçi bir mimari yaklaşım olması sebebiyle pek çok zorlukla karşılaşılmıştır. Örneğin bu çalışmalar devam ederken, projelerin yönetmelikler dışında yöntemlerle uygulanıyor olması sebebiyle Reynolds'ın çalışmaları askıya alınarak, mimarlık lisansı iptal edilmiştir. Bunlara karşı Reynolds, hazırladığı 'Test Sitesi Yasasını' meclise sunmuş ancak meclis üyeleri tarafından yasa gerçek dışı görüldüğü için uygulamaya alınmamıştır. Michael Reynolds ise lisansı iptal edilmesine rağmen üretime devam etmiştir.

2004 yılında Hindistan'ın Andaman Adaları'nda gerçekleşen tsunami çok büyük bir yıkıma neden olmuştur. Reynolds ve yedi kişilik ekibi tsunami ile yerle bir olan Andaman Adaları'nda yeni sürdürülebilir evler inşa etmek üzere bölgeye gitmişlerdir (şekil 13). Ekip, yerli halk ile birlikte on dört gün içerisinde sürdürülebilir, kendi ihtiyaçlarını kendisi üreten birçok ev yapmıştır.

2005 yılında ise New Mexico'nun Matamoros eyaletinde Rita Kasırgası yaşanmıştır. Bu kasırganın doğaya ve insanlara verdiği zararları ortadan kaldırmak için Reynolds ve ekibi yine yerli halkın desteğiyle ve coğrafyada bulunan malzemeleri kullanarak pek çok Earthship inşa etmişlerdir (şekil 14).



Şekil 13. Earthship Andaman, Hindistan (Earthshipbiotecture, t.y.).



Şekil 14. Earthship Matamoros, New Mexico (Earthshipbiotecture, t.y.).

Bu zamana kadar ekip Uruguay, Küçük Andaman Adası, Meksika, Nepal, Malavi, Filipinler, Paskalya Adası ve Haiti'de olduğu gibi pek çok sürdürülebilirlik, yoksulluk ve afet yardımı projeleri

üstlenmiştir. Çeşitli bölgelerde yapılan bu çalışmalarda yerel uzmanlık dikkate alınmış, yapılar coğrafyada yaşayan kişilerle birlikte inşa edilmiştir. Ayrıca coğrafyadaki canlı-cansız doğal döngü incelenerek, projelerde bu bilgilerden faydalanılmıştır. Örneğin; 2005 yılında Taos'ta inşa edilen Phoenix projesinin taban alanının yarısından fazlası gıda üretimine ayrılmıştır (şekil 15). Yirmi metrelik ağaçların ve yeşilliklerin arasında yaşayan tropik kuşlar, böcekler ve böceklerin büyüdüğü suyun özellikleri araştırılarak iç ormanın proje ile etkileşimi sağlanmaya çalışılmıştır. Tilapia, diğer balıklar ve kaplumbağaların birlikte yüzdüğü havuzlar ile birlikte dışarıda ördekler, tavuklar ve keçiler için yer ayrılarak Phoenix projesi, dört kişilik bir aileyi herhangi bir şey için evi terketmeye gerek kalmadan destekleyebilecek şekilde tasarlanmıştır (şekil 16).

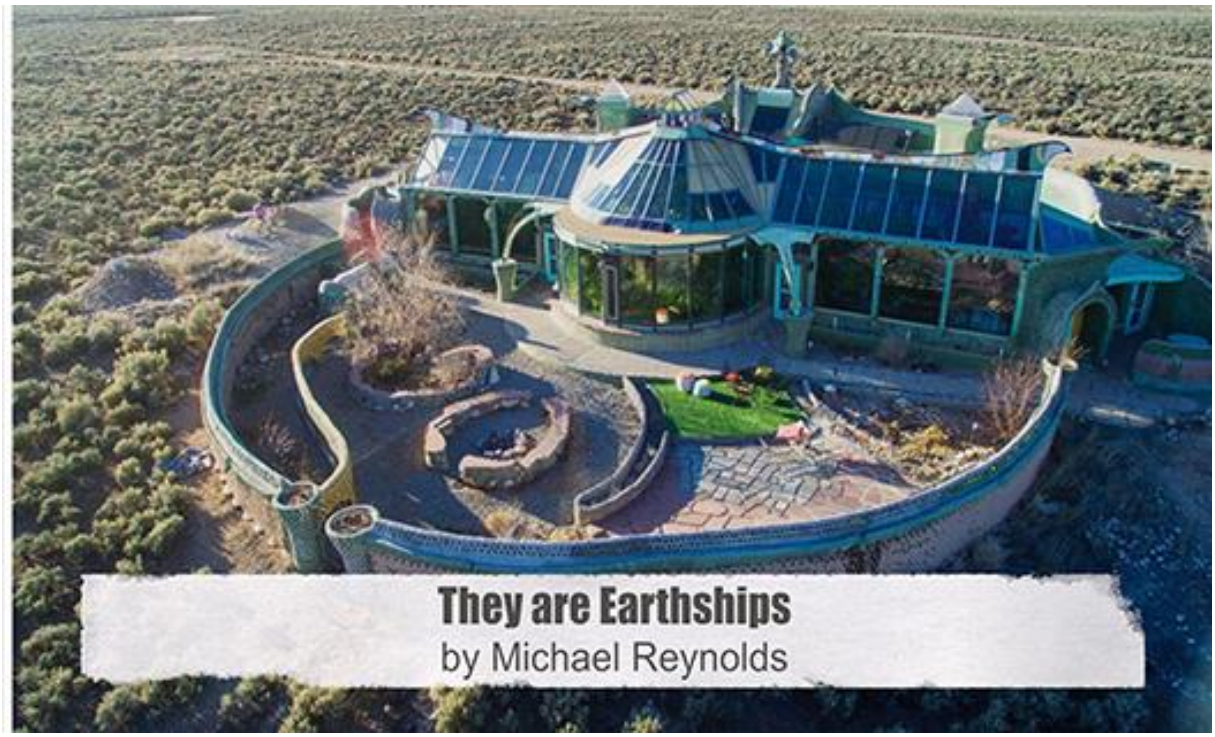


Şekil 15. Phoenix uygulaması Taos, New Mexico (İnhabitat, 2010).

2006 yılının Ekim ayında B.M. Mimarlar Kurulu, Reynolds ve ekibinin Andaman Adaları'ndaki çalışmalarını öğrendiklerinde, iptal edilen mimarlık lisansını ona geri vermek için tekrar davet etmişler ve 2007 yılında Reynolds tarafından hazırlanan Test Sitesi Yasasını kabul etmişlerdir. Böylece projelerde uygulanan yöntemlerin geçerliliği onaylanmış olduğu için Earthship projeleri yasal bir zeminde geliştirilmeye ve uygulanmaya devam etmiştir.

Örneğin 2008 yılında 'Global Model Earthship' tasarımında ısı stratejileri için yapı planları üzerinde yoğunluklu çalışılmıştır. Bu modelde çeşitli iklimler ile uygunluk sağlayacak bir tasarım yapılmıştır. Uzun ve dar bir kat planı tasarımı yapılarak; yapının genişliği yalnızca bir oda genişliğinde tutulmuştur. Yapı uzun kenarı doğu-batı ekseniyle hizalanmış ve böylece ekvatora bakan tarafta, güneş ışığından en üst düzeyde faydalanmak amaçlanmıştır. Aynı zamanda yine bu cephede biyolojik hücre olan bir bölüm bulunmaktadır (Freney, 2013). Bu bölüm hem su arıtma işlemleri için kullanılmakta hem de bahçe yatağı görevi görmektedir. Yine ilk Eartship projelerinde mahallerin içine temiz hava alımı için açılabilir çatı pencereleri kullanılırken, yeni Eartship modellerinde toprak borular ile hava kanalları yoğunluklu olarak kullanılmaktadır. Freney (2013), Taos ikliminde Eartshipler üzerinden yaptığı termal simülasyon araştırmasında, Reynolds'ın iddia ettiği gibi evlerin sıfır enerji ile termal konfor sağlayacağını doğrulamaktadır. Yapı içi hava

koşullarının tahmin edilebilir olması, ısıtma ve soğutmanın gerekli olmaması, Reynolds'ın iddialarının da karşılık verdiği sonucunu kanıtlamaktadır.



Şekil 16. Phoenix uygulaması Taos, New Mexico (Earthshipglobal, t.y).

Yapı malzemelerinin yerel şartlara uygunluğu ve plan tiplerinin bölge koşullarına uyumluluğu açısından Eartshipler zaman zaman eleştiri alabilmektedir. Bununla birlikte deneysel çalışmalar olarak başlayan sürecin, geçmiş tecrübelerin birikmesiyle bugün makul ölçüde kullanılabilir yöntemleri geliştirilmiştir. Projeler dünya çapında çeşitli araştırmalara konu olmuş; ısı stratejileri, su kullanımı, kanalizasyon yöntemleri, geri dönüşüm malzemelerinin kullanım teknikleri ve botanik hücreler konularında ayrı ayrı çalışamaların araştırma nesnesi olarak tercih edilmiştir ve hala edilmektedir.

Sonuç

Bu çalışmada Earthship projeleri, biyomimikri kavramı bağlamında incelenmiştir. Projeler, kavramın ana hatlarının henüz belirginleşmediği bir zaman diliminde geliştirilmiş olmasına rağmen ortak noktaların olduğu tespit edilmiştir. Kendi ifadesiyle 'biotecture' ya da 'radikal sürdürülebilir yaşam destekçisi' olarak Michael Reynolds'ın Earthship projelerinde belirlediği prensiplerde doğadan öykündüğü görülmüştür.

Biyomimikrinin uygulanma sürecinde 'İndirgeyici biyomimikri've 'Bütünlüğe ait biyomimikri' olmak üzere iki temel yaklaşım olduğu incelenmiştir. Bu iki yaklaşım arasında uygulama yöntemleri 'doğal formun taklit edilmesi', 'doğal sürecin taklit edilmesi' ve 'doğal ekosistemin taklit edilmesi' olarak maddelendirilmiştir. Earthship projelerinin yalnızca formunda doğaya öykünme söz konusu olmadığı için indirgeyici biyomimikri ile bağdaştırılamamıştır. Bununla birlikte 'ekosistemin taklit edilmesi' maddesinin sürdürülebilirlik konusunda getirdiği öneriler ve aslında diğer iki maddeyi de içeriyor olması projelerin bu yaklaşımla benzer olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Bununla birlikte, Janine M. Benyus'un kitabında bahsettiği doğanın dokuz prensibini, Reynolds'ın projelerine yansıttığı düşünülmektedir. Güneş ışığının maksimum düzeyde kullanım prensibi; enerjinin ihtiyaç olduğu kadarıyla kullanımı; biçimin işleve göre belirlenmesi; herşeyin doğa nezdinde dönüştürülebilir olması; dayanışmanın ve sorumluluk bilincinin ödüllendirilir olması;

çeşitliliklerin bir arada barınabilmesi ve hatta çeşitliliklerin birlikte daha etkili olması; yerel koşullar ve bilginin her türlü yenilikte öncül olması; savurganlığın minimum düzeyde kalması; koşulların zorlanması prensipleriyle örtüştüğü görülmektedir.

Earthship projelerinde, doğal malzeme kullanımı, solar ısıtma ve soğutma, elektrik üretimi, su hasatı, pis su arıtma ve gıda üretimi prensipleri geliştirilirken biyoloji ve fizik araştırmalarından faydalanılmaktadır. Yerel şartların incelenmesi sonrası elde edilen bilgiler projelere yansıtılmaktadır. Aynı zamanda geri dönüştürülmüş malzemeler herhangi bir işleme maruz kalmadan projelerde kullanılmaktadır. Dolayısıyla Earthship projeleri, disiplinlerarası bir çalışmanın önerildiği biyomimikriye bu anlamda da uygunluk göstermektedir.

Bütün bu unsurların neticesinde bütünlüğe ait biyomimikri yaklaşımı olarak yorumlanabilecek bir tasarım bütünü görülmektedir. Bu nedenlerle araştırma nesnesinin biyomimikri kavramına örnek gösterilebilecek niteliklerde olduğu sonucuna varılmıştır.

Tasarım aşamasında biyomimetik yaklaşımları benimseyen tasarımcılar; ekolojik temelli ve kavramla birlikte anılabilecek projelerin olumlu ve olumsuz sonuçlarından faydalanabilecektir. Bu nedenle tarihsel denklik şartı aramadan, Earthship projelerinde olduğu gibi geriye dönük deneyimlerin de, doğa odaklı bu kavrama katkı sağlayacağı ve yeni tasarımlarda hata oranını azaltacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

Arch2o. (2020, 02 21). Retrieved from https://www.arch2o.com/earthship-homes-michael-reynolds/arch2o-earthships_michael_reynolds-33/

Bar-Cohen, Y. (2005). Biomimetics: mimicking and inspired-by biology. *SPIE Smart Structures and Materials + Nondestructive Evaluation and Health Monitoring*, (pp. Proceedings Volume 5759-02). California, United States. doi:https://doi.org/10.1117/12.597436

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Harper Collins e-book.

Besant, D. (2015, 07 23). *Interview: Michael Reynolds*. Retrieved from https://southeastasiaglobe.com/: https://southeastasiaglobe.com/interview-michael-reynolds-daniel-besant-southeast-asia-globe/

Biomimicry Institute. (n.d.). Retrieved 06 08, 2021, from What is Biomimicry?: https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/

Cengiz, T. (2020). Retrieved 06 08, 2021, from https://www.linkedin.com/pulse/biyomimekri-do%C4%9Fadan-ilham-alan-tasar%C4%B1m-ta%C5%9Fk%C4%B1n-cengiz/?originalSubdomain=tr

Earthshipbiotecture. (n.d.). Retrieved 02 13, 2020, from https://earthshipbiotecture.com/andaman-islands-earthship-disaster-relief/

Earthshipglobal. (n.d.). Retrieved 02 26, 2020, from https://www.earthshipglobal.com/projects

Earthshipglobal. (n.d.). Retrieved 02 22, 2020, from https://www.earthshipglobal.com/eco-nightly-rentals

Eryılmaz, H. (2015). Biyomimikri Ve Ergonomi: Tasarimda Doğadan Yenilikçi İlham. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 3*(3), 469-474.

Ferris, G. (2008). Retrieved 11 12, 2020, from https://www.empireonline.com/movies/reviews/garbage-warrior-review/

Freney, M., Soebarto, V., & Williamson, T. (2013). Earthship monitoring and thermal simulation. *Architectural Science Review, 56*(3), 208-219. doi:https://doi.org/10.1080/00038628.2013.809688

Geçimli, M., & Yamaçlı, R. (2018). Konut Mekanlarının Tasarımında Yaşam Döngüsü ve Ekolojik Sürdürebilirlik. *Akdeniz Sanat Dergisi, 12*(22).

Genç, M. (2013). Doğa, Sanat Ve Biyomimetik Bilim. *Sanatta Yeterlik Eseri Çalışması Raporu*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi.

Geyik Değerli, N. G. (2020). Tekstilde İnovatif Tasarım Yaklaşımı: Biyomimikri. *İdil*(68), 678. doi:10.7816/idil-09-68-07

İnhabitat. (2010, 07 22). Retrieved 02 11, 2020, from https://inhabitat.com/earthquake-resistant-earthships-for-haiti-disaster-relief/

inner, S. (2019). Biyomimikri Ve Parametrik Tasarım İlişkisinin Mimari Alanında Kullanımı Ve Gelişimi. *Tasarım Enformatiği, 1*(1), 15-29.

Ip, K., & Miller, A. (2009). Thermal behaviour of an earth-sheltered autonomous building – The Brighton Earthship. *Renewable Energy*(34), 2037 - 2043.

Karabetça, A. R. (2018). Biyomimikri Destekli Tasarım Ölçütleri İle Yenilikçi Mekanlar Yaratılması. *The Turkish Online Journal of Design, 8*(1), 104-111. doi:10.7456/10801100/010

Muratoğlu, D. (2019, 05 29). Retrieved 02 11, 2020, from http://structpedia.com/earthship-nedir/

Peyzax. (n.d.). Retrieved 11 22, 2022, from https://peyzax.com/eden-projesi-dunyanin-en-buyuk-serasi/

Reynolds, M. (2020, 03 06). *EARTHSHIP DESIGN PRINCIPLES*. Retrieved from https://www.earthshipglobal.com/: https://www.earthshipglobal.com/design-principles

Thomas, C. (n.d.). Retrieved 06 21, 2022, from http://greeninterns.blogspot.com/2007/07/thomas-candace-illinois-institute-of.html

Vincent, J. F. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal Of The Royal Society İnterface, 3*(9).

Volstad, N. L., & Boks, C. (2008). Biomimicry – a useful tool for the industrial designer? Shedding light on nature as a source of inspiration in industrial design. *DS 50: Proceedings of NordDesign 2008 Conference* (pp. 275 - 284). Tallinn, Estonia: L.Roosimölder.

Yapı Güncesi. (2011, 02 21). Retrieved 02 14, 2020, from http://yapiguncesi.blogspot.com/2011/02/earthships.html

Zari, M. P. (2007). Biomimetic Approaches To Architectural Design For Increased Sustainability. *Regional Sustainable Building Conference*, (p. 033). Auckland, New Zealand.

Murat Dağının Genel Tanıtımı, Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanımı

Hasan Basri KARAYEL [1]

Giriş

Kütahya ve Uşak illeri sınırları içinde yer alan ve en yüksek noktası 2309 m. olan Murat Dağı kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanır. Akdeniz, Karadeniz ve İç Anadolu iklimleri etkisi altında bulunan araştırma bölgesi, bu özelliği nedeniyle zengin bir floraya sahiptir (Çırpıcı, 1981a). Türkiye, coğrafi konumu, jeolojik yapısı, iklimi ve üç farklı fitocoğrafi bölgenin (Avrupa – Sibirya, İran-Turan, Akdeniz) karşılaştıkları bir yerde bulunması dolayısıyla çok çeşitli bitki örtüsü barındırmaktadır. Türkiye'de endemik türlerin sayısı oldukça yüksektir. Türkiye aynı zamanda birçok türün gen merkezini de oluşturmaktadır. Çalışma sonunda Murat Dağı'nda yetiştiği saptanan 853 taksondan 94'ü Türkiye için endemiktir. Buna göre Murat Dağı'ndaki endemik türler oranı %11'dir (Çırpıcı, 1981a, 1981b). Murat Dağı, Türkiye'de mevcut 3 farklı fitocoğrafik bölgenin karşılaştığı bir yerde bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda saptanan türlerden 77'si Avrupa-Sibirya, 69'u Akdeniz, 67'si İran-Turan elementidir. Bu duruma göre her üç fitocoğrafik araştırma bölümünde yaklaşık aynı oranlarda temsil olunmaktadır (Çırpıcı, 1989). Özellikle ilaç ve tıbbi bitkilerin sayısında görülen hızlı artış, modern tıbbın, yapay ilaçlar yerine doğal kaynakların kullanılmasının faydalarını kabullenmesinden sonra görülmüştür. Bugün gerek dünyada ve gerekse ülkemizde ilaç ve baharat bitkileri, doğal floradan toplanarak kullanılmakta veya pazarlanmaktadır. Sürekli olarak yapılan bu yoğun toplama sonucu bitkilerin doğal floradaki nesli giderek azalmaktadır, bazıları kaybolmaktadır ve her yıl bu bitkilerin birçoğu da kaybolmaktadır. Özellikle kök, rizom, yumru veya çiçekleri drog olarak kullanılan bitkilerde durum kendini daha çok hissettirmektedir. Çünkü bitkiler ya tamamen sökülerek yok edilmekte ya da tohum bağlamadan önce toplandıkları için nesillerini devam ettirememektedirler. Bu durum Avrupa ülkelerinde erken hissedilmiş ve bitki toplayıcılarına eğitici bilgi verilmiştir (Koç,1999). Çalışma alanında kuvaterner yaşlı çakıl, kum, silt ve kil çapındaki çökellerden oluşan dere ve dere yataklarında görülen alüvyon ile yamaçlarda iyi çimentolu çakıl taşlarından meydana gelmiş taraçalara da sık rastlanmaktadır (Tekin, 2002).

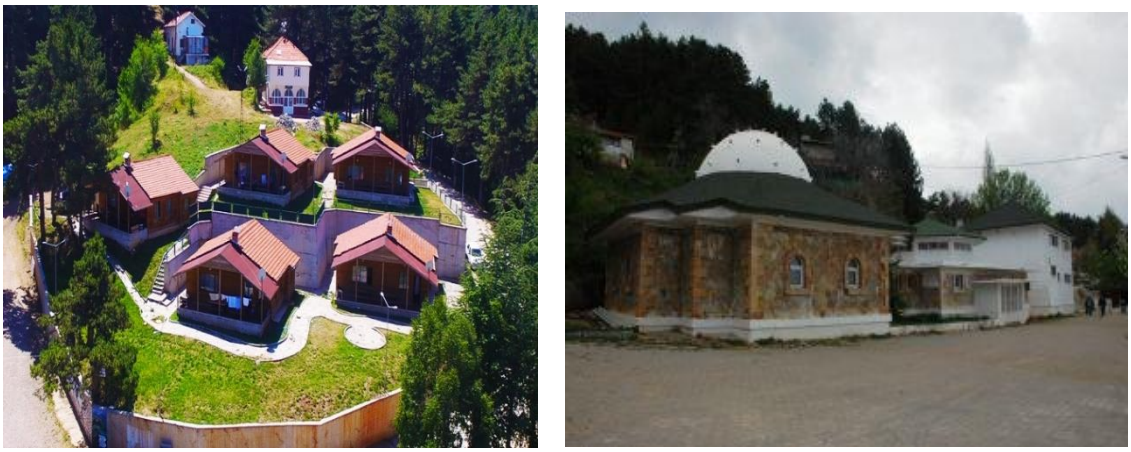
Biyolojik çeşitlilik bakımından ülkemiz oldukça zengindir. Bu çeşitliliğin asıl sebebi şöyle sıralanabilir; iklim, topoğrafik, jeolojik ve jeomorfolojik farklılıklar; deniz, göl, akarsu gibi değişik su ortamlarının oluşu, 0-5000 m'ler arasında değişen yükseklik farkları Anadolu diagonalinin doğusu ve batısı arasında ekolojik farkların bulunması ve bütün bu ekolojik çeşitliliğin floraya yansımasıdır (Avcı, 2005). Ülkemizde ise, bu şekilde bir toplama ile doğal floranın yok edildiği çok geç fark edilmiş olmasına rağmen henüz ciddi önlemler alınmış değildir (Koç, 1999). Dolayısıyla iç tüketimde kullanmak veya satmak amacıyla birçok bitkinin doğadan bilinçsiz bir şekilde toplanmasına devam edilmektedir. Bunun sonucu olarak, Murat Dağı'nın florasında önceleri zengin bir şekilde bulunan birçok bitki türü günümüzde ya zor bulunur hale gelmiştir ya da nesli tükenme durumuyla karşı karşıyadır. Murat Dağı zengin bitki florasının yanında, termal kayak merkezi, termal kaplıca suları ile de ön plana çıkmaktadır.

Materyal ve Metod

[1] Doç.Dr, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Gediz MYO. Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Kütahya, TÜRKİYE,

Gediz (Kütahya) ilçesi Murat Dağı florasına ait bazı bitki örnekleri ele alınmıştır. Bitkilerin tespit ve teşhisi tarafımdan yapılmıştır. Bitkilerin tıbbi etkileri ve kullanımındaki tarifler yöre halkının kullanmış olduğu bilgiler ile kaynakta belirtilen kaynakla karşılaştırılarak yazılmıştır.

Murat Dağı kaplıca sularının sıcaklığı 37 - 43 C° dir. Başta romatizmal hastalıklar olmak üzere; deri, kadın hastalıkları, sinir ve kas rahatsızlıklarına dair pek çok hastalığı iyileştirme gücüne sahip olan kaplıca suları, Evliya Çelebi'nin de övgüsünü kazanmıştır. Termal Turizm Merkezinde; günü birlik gelen ziyaretçiler için termal sulardan faydalanabilecekleri açık havuz ve hamamlar mevcuttur (Resim 1), (Gediz Belediyesi 2018) .



Resim 1. Murat dağında bulunan termal havuz ve hamam görünümü (Gediz Belediyesi 2018)

Gediz Murat Dağı Termal Turizm Merkezinde konaklama yapmak isteyen ziyaretçiler için apart daireler ve bungalov evler bulunmaktadır (Resim 2).



Resim 2. Bungalov evlerden ve kafeteryadan görünüm (Gediz Belediyesi 2018)

Murat Dağı Termal Kayak Merkezi Ege Bölgesinin en yüksek dağı olarak bilinen Murat Dağında 1450 metre yükseklikte hem sıcak hem soğuk su çıkmaktadır. 2020 yılı itibarıyla 753 metre uzunluğunda, 700 kişi kapasiteli teleski (T-BAR) tesisi hizmete girmiş, 7 bin 767 metre pist uzunluğunun 2 bin 53 metresi aktif olarak kullanılır hale getirilmiştir (Resim 3), (Gediz Belediyesi 2018).




Resim 3. Murat Dağı Termal Kayak Merkezi'nde görünümler (Gediz Belediyesi 2018)

Murat Dağı Termal Kayak Merkezi'nde iyi derece kırmızı, orta derece mavi ve eğitim seviyesinde yeşil renkli kayak pisti ile kızak pisti mevcuttur. Kayaklı koşu, snowboard ve alp disiplini kayak branşları ile kızak branşlarında çalışmalar yapılmakta olup, kayak branşı dışında Atletizm Dağ Koşusu Türkiye Şampiyonası ve Milli Takım Seçmeleri, dağcılık, off road, kampçılık gibi birçok faaliyete de ev sahipliği yapmaktadır (Gediz Belediyesi 2018).

Kütahya İli Murat Dağı Florasında Bulunan Bazı Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları

Araştırma alanındaki 19 bitkinin kullanım alanları tespit edilmiştir. Yörede tespit edilen bu bitkilerin, ilçe ve köylerdeki insanlar tarafından yaygın şekilde kullanıldığı gözlemlenmiştir. Ekonomik değeri olan tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı;

Hüsnü Yusuf (Dianthus barbatus)

Özellikleri

Yöresel adı dağ karanfilidir. Orman açıklıklarında oldukça çoktur. Yöre halkı şifada çok az kullanır. Süs bitkisidir. Tıbbi olarak çiçekleri kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

Soğuk algınlıklarında kullanılır. İdrar söktürücüdür.

Kullanımı

Çiçeklerinden elde edilen çay sabah-akşam içilir (Duke, 1991).

Ihlamur (Tilia mordota Miller.)

Özellikleri

Murat dağının derinliklerinde tabii olarak yetiştiği gibi dağ köylülerinin her birinin bahçesinde bulunan bir ağaçtır. Çiçekleri çiçek yaprakları ve kabukları kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

Terletici ve idrar söktürücüdür. Sakinleştirici özelliği vardır. Soğuk algınlığında ve öksürükte kullanılır. Sinirsel yüksek tansiyonlarda etkilidir. Hafif ishal edicidir. Safra salgısını uyararak hazımsızlıkta şifası vardır. Vücudu sakinleştirici, yorgunluk giderici etkisi görülür.

Kullanımı

Terletici, idrar söktürücü, öksürük giderici ve tansiyon düşürücü etkileri için çiçeklerinde çay elde edip bolca içmeliyiz. İshal edici özelliği kabuklarında vardır. Vücudu dinlendirmek için ise ıhlamur çiçeği karıştırılmış banyo sularıyla yıkanmak gerekir (Duke, 1991).

Keklik Gözü (Adonis aestivalis)

Özellikleri

Murat dağı buğday ekilen tarlalarda görülür. Kırmızı çiçek açar. 30–40 cm boyu vardır. Çiçekleri kullanılır

Tıbbi Özellikleri

Etkisi kısa suren bir kalp kuvvetlendiricidir. İdrar söktürücüdür. Sinirsel çarpıntılara faydası görülür.

Kullanımı

İki yemek kaşığı keklik gözü çiçeği 1 litre suda yarım dakika kaynatılır. Sabah-öğle-akşam 1 su bardağı içilir (Duke, 1991).

Kırlangıç Otu (*Teucrium majus*)

Özellikleri

Murat dağının 1200 metre yüksekliklerinde gölgesi koyu, serin ve sulak yerlerde çok olmasa da görülür. Sarı renkli çiçekleri vardır. Yaprağı koparıldığında öz suyu kırmızı renkte çıkar. Toprak üstü kısımları kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

Mide ve bağırsak sancılarında, öksürükte, safra kesesi rahatsızlıklarında kullanılır.

Kullanımı

Yaprak ve çiçeklerinden çay elde edilir. Sabah-akşam birer su bardağı içilir. Yüksek oranda bitki katılırsa zehirleme yapabilir. Özsuyu haricen siğillerde kullanılabilir (Duke, 1991).

Kuşburnu (Rumex alphinus)

Özellikleri

Murat Dağı'nın orman içi açıklıklarında, orman yollarının kenarlarında çokça bulunur. 2–3 metre boy yapan dikenli bir ağaçtır. Meyveleri kırmızıdır. Erince toplanır ve şifada meyveler kullanılır. Önemli bir C vitamini deposudur.

Tıbbi Özellikleri

Vücut direncini artırır. İshali keser. İdrar söktürücüdür.

Kullanımı

Meyvelerinden elde edilen marmelât yıl boyu yenmelidir. Çay olarak meyveler toz edilir. 3 su bardağı kaynamamış suya 2 yemek kaşığı katılır. 10 dakika demletilip içilir (Duke, 1991).

Kuzu Kulağı (*Rumex alphinus*)

Özellikleri

Çayırlarda rastlanır. Tadı ekşidir. Yaprakları kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

İdrar söktürücü, ateş düşürücüdür. İshal edicidir.

Kullanımı

Yaprakları taze olarak yenilir. Kurutularak çayı da yapılır. Böbrek taşları için önerilebilir (Duke, 1991).

Mine Çiçeği (Verbena officinalis)

Özellikleri

700–800 metre rakımlarda rastlanır. Mavi çiçek açan bir bitkidir. Toprak üstü kısımlar kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

Öksürük ve soğuk algınlığında etkilidir. Yorgunluk ve uykusuzlukta da fayda verir.

Kullanımı

Bitkinin yapraklarından çay elde edilir. Sabah-akşam içilir. Uykusuzlukta yarım ölçü kediotu kökü ile karıştırılmalıdır (Duke, 1991).

Nane (Mentha piperita)

Özellikleri

1100 metre yüksekliklere kadar yabani çeşitleri vardır. 1 metreye kadar boy yapar. Daha çok tüylü cinsi fazla görülür. Yaprakları ve çiçekleri kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

Mide ve bağırsak gazlarını giderir. Karaciğer ve safra kesesi çalıştırıcıdır. Soğuk algınlığı ve gripte kullanılır. Mide bulantılarına iyi gelir.

Kullanımı

Sayılan rahatsızlıklarda yaprak ve çiçekleri karışık olarak kullanılır. Çayı elde edilir. Sabah-akşam içilir (Duke, 1991)..

Papatya (Matircaria chamomilla)

Özellikleri

Murat dağında bol bulunan bir bitkidir. 4–5 çeşidi bulunur. 10–50 cm arası boy yapar. Ekilmeyen dağ içi tarlalarda çok olur. Papatyanın çiçekleri kullanılır. Çiçeklerinden yağ elde edilir.

Tıbbi Özellikleri

Antiseptiktir. Vücuttaki iltihapları kurutucudur. Ülser ve gastritte, kadınların bel ağrılarında, sindirim sistemi gazlarını gidermede, ağız ve boğaz iltihaplarında etkilidir. Öksürükte kullanılır.

Kullanımı

Kurutulmuş çiçeklerinden çay elde edilir. Sabah-akşam içilir. Papatya çayı demleme usulüyle hazırlanmalıdır. 3 su bardağı kaynamış suya 2 yemek kaşığı çiçek katılır. 10 dakika demletilir. Ağız ve boğaz iltihaplarında gargara yapılır (Duke, 1991).

Sığır kuyruğu (Verbascum phlomoides)

Özellikleri

Murat Dağı'nın 1800 metreye kadar olan açık alanlarında çok rastlanan bir bitkidir. Birkaç türü vardır. 1.5 metreye kadar boy yapar. Sarı çiçek açar. Bitkinin yaprakları ve daha çok çiçekleri kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

Astımın en etkili bitkisel ilacıdır. Nefes yolları rahatsızlıklarının tümünde kullanılır. Balgam söktürür. Öksürük, bronşitte etkilidir. Çıbanlarda, uykusuzlukta faydalıdır.

Kullanımı

Çiçeklerinden elde edilen çay sabah-akşam aç karnına içilir. Balgam söktürmede yarım ölçü ıhlamur katılır. Uykusuzlukta da melisa ile hazırlanır. Olgunlaşmamış çıban ve apse üzerine yaprağından elde edilen lapası konur (Duke, 1991).

Sinirli Ot (Plantago lanceolata)

Özellikleri

Bu bitki dağın belli yerlerinde görülür. Yapraklarının ortasından tohum sürgünü çıkar. Şifada yaprakları kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

Balgam söktürücüdür. Gastritte kullanılır. Hazmettiricidir. Kanamayı durdurucudur.

Kullanımı

Yapraklarından elde edilen çayı balla tatlandırılır. Sabah-akşam içilir. Yeşil yaprakları kanayan yere konulursa kanı durdurur (Duke, 1991).

Şahtere (Fumaria officinalis)

Özellikleri

Murat Dağı'nda çeşitli türleri bulunur. Çok yerde rastlanır. Boy boy görülür. Yaprak ve gövdesi koparıldığında beyaz usaresi çıkar.

Tıbbi Özellikleri

Dâhilen tahriş edicidir. Kullanılmaz. Haricen sütü siğillerde kullanılır.

Kullanımı

Dâhilen kesinlikle kullanılmamalıdır. Her gün sütü siğiller üzerine sürülür (Duke, 1991).

Sütleğen (Euphorbia apios)

Özellikleri

Murat Dağı'nda fazla bulunmayan bir bitkidir. 900 metre seviyelerinde seyrek olarak tarla kenarlarında rastlanır. Toprak üstü kısımları kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

Çok etkili bir karaciğer düzenleyicisidir. Kan temizleyicidir. Tansiyon düşürücüdür. Safra kesesini normal çalışmasını sağlar. Safraya bağlı bulantı ve kusmalarda etkilidir. Kaşıntılı bütün rahatsızlıklarda kullanılır (Duke, 1991).

Kullanımı

Çayı infüzyon yöntemiyle hazırlanır. 2.5 su bardağı su önce kaynatılır. Kaynayınca 1 yemek kaşığı bitki katılır. Kısık ateşte yarım dakika kaynatılır. Beş dakika demletilir. Çayın tamamı süzülür. Sabah-akşam aç karnına içilir (Duke, 1991).

Tatula (Datura stramonium)

Özellikleri

Tatula bitkisine Murat Dağı ormanlarında pek rastlanmaz. Daha çok köylerin kenarlarında, çöplük ve mezbeleliklerde yetişir. 1 metreye kadar boy yapan dikenli bir bitkidir. Zehirlidir. Ölçülü kullanmak gerekir, yaprakları kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

Astım ve kronik bronşitte, sinirsel titremelerde kullanılır. Ağrı kesicidir.

Kullanımı

Yapraklar sigara gibi içilirse nefes yolarını açar (Duke, 1991).

Yavşan (Veronica cymbalaria)

Özellikleri

Ekilmeyen tarlalarda az görülen bir bitkidir. 5-15 cm boy yapar. Toprak üstü kısımlar kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

Şeker hastalığında kullanılır. İdrar söktürücüdür. Adet söktürücüdür. Mesane iltihabında kullanılır.

Kullanımı

Bitki çayı hazırlanır. Sabah, akşam içilir. İdrar söktürür etkide maydanozla birlikte kaynatılır. Mesane iltihabında çaya bal katılmamalıdır (Duke, 1991).

Yılan Yastığı (*Arum italicum*)

Özellikleri

Murat Dağı bünyesindeki köylerin bahçe kenarlarında, dağ içi seyrek taşlı Çağıllarda rastlanır. Zehirli bir bitkidir. Mısır gibi tohumları olan bir bitkidir. Tohumları ve kökleri kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

Sivilce, iltihap ve egzamalarda kullanılır. İshal edicidir.

Kullanımı

İshal edici özelliği yaprak ve köklerinde vardır. Sinameki gibi zararsız ishal edici varken yılanyastığı dâhilen kullanılmamalıdır. Sivilce, iltihap ve egzamalarda elde edilen suyu harice pansuman yaparak kullanılır (Duke, 1991).

Yoğurt Otu (*Galium verum*)

Özellikleri

Dağ yolları kenarlarında rastlanır. Sarı çiçek açar. 40–60 cm boy yapar. Toprak üstü kısımlar kullanılır.

Tıbbi Özellikleri

İdrar söktürücüdür. Hafif kabız yapıcıdır. Sakinleştirici özelliği vardır.

Kullanımı

Bitkiden elde edilen çaydan sabah-akşam içilir (Duke, 1991).

Ardıç (Juniperus communis)

Özellikleri

Murat Dağı'nda iki çeşit ardıç ağacı vardır. Biri kırmızı ardıç, diğeri siyah ardıçtır. Kırmızı Ardıç 1–3 m. boy yapan yaprakları dikenli bir ağaçtır. Siyah ardıç 1–9 m. boy yapan, yaprakları dikensiz, meyveleri siyah olan ağaçtır. Yaklaşık 900–1400 m. Yüksekliklerde ikisine de rastlanır. İkisinin de meyveleri kullanılır. Meyvelerinden ardıç yağı, odunlarından da Ardıç katranı elde edilir.

Tıbbi etkileri

Ardıç tohumlarının idrar söktürücü etkisi vardır. Özellikle Kırmızı Ardıç kullanılır. Ardıç uzun süreli kullanımlarda böbrekte tahriş meydana getirir. Kırmızı ardıç romatizmal rahatsızlıklarda, soğuk algınlıklarında, iştah açıcı olarak kullanılır.

Ardıç yağı, romatizmal organlarda, ardıç katranı ise egzama gibi deri rahatsızlıklarında haricen kullanılır.

Kullanımı

Ardıç meyveleri kekikle birlikte kaynatılır. Romatizmal ağrılar için dâhilen sabah-akşam birer su bardağı içilir (Duke, 1991).

Çiğdem (Colchticum autumnale)

Özellikleri

Murat Dağı'nda baharın ilk habercisi çiğdemlerdir. Karlar eridikçe zirvelere doğru hemen her yerde, özellikle nemli açık alanlarda rastlanır. Sarı, beyaz, mor çiçekler açan birkaç türü vardır. Daha çok portakal sarısı renginde olanı görülmektedir. Çiğdem zehirlidir. Tadı acıdır.

Tıbbi Özellikleri

Siroz hastalığında, bazı kanser türlerinde kullanıldığı bilinmektedir.

Kullanımı

Çiğdemin özelliklerini iyi bilen doktorların gözetiminde kullanılmalıdır. Laboratuvar tetkiklerini bilmeyen, doz ayarlamasından haberi olmayan acemi herbalistler çiğdemi işyerlerine koymamalıdır. Çünkü ölüme varan zehirlenmeler yapar. En hafif zararı kan hücrelerinin azalmasına neden oluşudur (Duke, 1991).

Tartışma Ve Sonuç

Akdeniz, Karadeniz ve İç Anadolu iklimlerinin etkisi altında bulunan araştırma bölgesi, bu özelliği nedeniyle zengin bir floraya sahiptir. Bu çalışmada, Kütahya ili Murat Dağı florasında bulunan ve ekonomik değeri yüksek olan tıbbi ve aromatik bitkilerin neler olduğu ve nasıl kullanıldıkları, literatür taramaları ve inceleme gezileri yapılarak belirlenmiştir. Eskiden "kocakarı ilaçları" olarak tasvir edilen bitkisel ilaçlar, bitkilerin içeriklerinin ortaya çıkarılması ile herkes tarafından kabul edilir olmuş ve kullanılmaya başlanmıştır (Koç, 1999). Gıda olarak kullanılan bitkiler; çiğ olarak, haşlayarak veya haşlayıp süzüldükten sonra içine bulgur, pirinç katılarak, yumurtalı veya yumurtasız ya da sarımsaklı yoğurt ilave edilerek tüketilebilmektedir. Yabani bitkiler, baharat veya çay olarak tüketilmektedir (Şimşek & ark., 2002). Murat dağındaki endemiklerin yön değerlendirmesine göre, Kütahya il sınırlarının kuzey kesimlerinde yer alan endemik örneklerinden %43,4'ü Kuzeybatı yönünde bulunurken, Uşak il sınırının güney kesimlerindeki örneklerin %43,8 ise Güneybatı yönünde yer almıştır (Erinç, 1996; Atalay, 2008; Atalay, 2011). Endemik türlerin yön eğilimlerinde, ait oldukları fitocoğrafya bölge koşullarının oluştuğu lokasyonları tercih ettiği anlaşılmaktadır. Endemikler içerisindeki payı fazla olan iran-Turan fitocoğrafya bölgesi elementleri, ağırlıklı olarak karasal iklim koşullarının etkili olduğu kuzey sektör %65 ile başta olmak üzere bütün yönlere dağılmıştır. Sahada yıl boyunca etkili olan hava hareketlerinin etkisiyle Avrupa-Sibirya elementleri ve kozmopolit türlerin büyük bir kısmı serin ve nemli rüzgârlara açık Kuzey ve Kuzeybatı yönlerinde, sıcaklık ve ışık istekleri yüksek Akdeniz elementleri ise sahaya tektonik oluklar vasıtasıyla Akdeniz iklimi etkisinin sokulduğu Kuzeybatı ve Güneybatı yönlerinde bulunuyorlar (Keser, 2013). Gerçekten de etken maddelerine bakıldığı zaman, geçmişte insanların bitkileri doğru alanlarda kullandıkları görülmektedir. Çalışma alanımız olan Kütahya ili Gediz ilçesinde bulunan ve tıbbi amaçlı kullanımı olan bitkiler, daha çok mide ve solunum yolu rahatsızlıklarında kullanılmaktadır.

Ayrıca değişik bitkilerin karıştırılıp dövülerek merhem şeklinde, özellikle yara ve ağrılarda kullanılmasının da oldukça yaygın olduğu görülmüştür (Yıldırımlı, 2004). Murat dağının bitkisel endemizm bakımından zengin olmasında, bu dağın Türkiye'deki lokasyonu, cephe geçişlerine engel teşkil eden büyük yükseltisi ve diğer jeomorfolojik özellikleri sonucu, farklı habitatlara izin veren mikroklimatik ortamları barındırması etkili olmuştur. Endemiklerin sahadaki dağılışında, belli bir toprak ve vejetasyon seçiciliğinden ziyade yükselti, bakı ve eğim gibi topoğrafik faktörlerle anakaya türü belirleyici olmuştur (Keser, 2013). Ülkemizde ve yörede veri yetersizliği sebebiyle, bir çok tıbbi ve aromatik bitkinin durumunun ve potansiyelinin belirlemesi oldukça güç olmaktadır. Bu güçlüğü yenmek için bitkilerin kayıt altına alınması ve arazi çalışmalarının yapılması gerekiyor (Doğanoğlu & ark., 2006). Yıllardır neredeyse her evde doktor önerisine ihtiyaç duymadan doğadan tecrübesiz ve bilgisizce toplanan ya da aktarın önerisine dayanarak satın alınan adaçayı, nane, ıhlamur gibi birçok tıbbi bitki üst solunum yolları enfeksiyonlarının iyileştirilmesinde ilaç olarak kullanılmaktadır. Özellikle ciddi hastalıkların tanısında ve tedavisinde yanılgıya düşmemek için kontrolsüz ve bilinçsiz bir şekilde tıbbi bitki kullanımına gidilmemelidir (Özer ve ark., 2001). Murat dağında tespit etmiş olduğumuz bitkilerin dışında başka bitkilerde mevcuttur. Murat dağı florasında eskiden yaygın bir şekilde bulunan birçok bitki türü günümüzde ya nesli tükenmiş ya da tükenmek üzeredir. Bunun önüne geçmek için gerekli önlemlerin ve biyolojik çeşitliliğin en yüksek seviyede tutmak ve doğal ekosistemin yerinde korunmasını sağlamak gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Atalay, İ. (2008). Ekosistem Ekolojisi ve Coğrafyası(Cilt I, II), izmir: Meta Basım ve Matbaacılık.

Atalay, İ. (2011). Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği (8. Baskı),izmir: Meta Basım ve Matbaacılık.

Avcı M. (2005). Çeşitlilik ve endemizim açısından Türkiye'nin bitki örtüsü, Coğrafya Dergisi, Sayı:13, ISSN No: 1305-2128, İstanbul, 28-48.

Çırpıcı, A. (1981). Murat Dağı (Kütahya - Uşak)'nın Florası Üzerine Araştırmalar, Doçentlik Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Botanik ve Genetik Kürsüsü.

Çırpıcı, A. (1989). Murat Dağı (Kütahya - Uşak)'nın Florası, Doğa T. U. Botanik Dergisi, S. 2, s. 157-222.

Doğanoğlu, Ö., Gezer, A., Yücedağ, C. (2006). Göller Bölgesi-Yenişarbademli Yöresi'nin Önemli Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitki Taksonları Üzerine Araştırmalar. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(1), 66-73.

Erinç, S. (1996). Klimatoloji ve Metodları (4. Baskı), Ġstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım.

https://muratdagi.gediz.bel.tr/kayak-merkezi-319.html.14.04.2021.

Duke, J. (1991). Yeşil Eczane, Pegasus Yayınları, s: 21-749

Keser, N. (2013). Murat Dağı'nda Endemizme Etki Eden Topografik Faktörler (İç Batı Anadolu). *Electronic Turkish Studies*, *8*(12).

Koç, H. (1999). İlaç ve Baharat Bitkileri- I -Gaziosmanpaşa üni. Yayınları No:40. Ders kitapları serisi No:18. Tokat.

Özer, Z., Tursun, N., Önen, H. (2001). Yabancı Otlarla Sağlıklı Yaşam (Gıda ve Tedavi). Yayınları. 133s. Ankara.

Şimşek, I., Aytekin, F., Yeşilada, E., Yıldırımlı, Ş. (2002). Anadolu'da Halk Arasında Bitkilerin Kullanılış Amaçları Üzerinde Etnobotanik Bir Çalışma Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler, 29-31 Mayıs, Eskişehir, Eds. K.H.C. Başer ve N. Kırımer Web'de yayın tarihi: Haziran 2004 ISBN 975-94077-2-8

Yıldırımlı, Ş. (2004). Etnobotanik ve Türk Etnobotaniği. Kebikeç. Alp Matbaası. Ankara. 17: 175-193.

Kaplamasız Yol Alt Temellerinin Stabilizasyonunda Geocell ve Kireç Kullanımının Karşılaştırılması

Erhan Burak PANCAR[1]
Aytuğ KUMANDAŞ[2]

Giriş

Yol kaplamasının taşıma kapasitesi ve performansı, önemli ölçüde üzerine inşa edildiği zeminin özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle, temel zeminlerinin, trafik yüklerinin oluşturduğu gerilmeleri güvenli bir şekilde karşılayabilmesi gerekmektedir. Temel zemininin taşıma kapasitesi, genellikle zemin tipine, su içeriğine ve sıkıştırma derecesine bağlıdır. Temel zemininin şişmesi veya kabarması ise nem içeriği ile ilgilidir. Kötü performans sergileyen herhangi bir temel zemini üzerine yapılacak hiçbir üstyapı, çatlaklara ve oturmalara karşı yeterli dirence sahip olamaz. Temel zeminleri, aşırı oturma olmaksızın yüksek miktardaki yüklemelere karşı dirençli olmalıdır. Yol üst yapısına uygun olmayan temel zeminlerine üstyapı inşasının zorunlu olduğu durumlarda, bu zeminlerin uygun yöntemlerle iyileştirilerek stabil hale getirilmeleri gerekmektedir. Temel zemininin iyileştirilmesi ile zemin taşıma kapasitesi artmakta ve zemin oturmaları azalmaktadır. Bunun neticesinde, kaplamanın kalınlığı azalmakta ve performansında da artış meydana gelmektedir (Pancar & Akpınar, 2016).

Zemine ilave edilen kireç, zeminin mukavemetini ve elastisite modülünü arttırarak, direncinin de artmasına imkân sağlar (Broderick & Daniel, 1990). Genel olarak kireç, zeminin kuru hacim ağırlığının azalmasına, plastik özelliklerinin değişmesine ve zeminin taşıma kapasitesinin artmasına neden olur. Ayrıca, likit limit ile plastik limit arasındaki fark olarak tanımlanan plastisite indeksi, kireç stabilizasyonu ile azalmaktadır (Pancar & Akpınar, 2016). Kireç stabilizasyonu, killi zeminlerden yapılan dolgularda ve özellikle yol inşaatlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Dash & Hussain (2012), artık zemin bakımından zengin numuneler için optimum kireç içeriğinin %5 ve genişleyen zeminler için ise %9 olduğunu belirlemişlerdir. Aşırı kireç ilavesi, zeminlerin şişme potansiyelini arttırmakta ve zeminin mukavemetini azaltmaktadır. Dash & Hussain (2012), bu içeriğin ince taneli zeminler için %5, iri taneli zeminler için ise %9 olduğunu belirtmişlerdir. Pancar & Akpınar (2016) yüksek su içeriğinde ve optimum su içeriğini %10 arttırarak yaptıkları çalışmada, %12 kireç içerikli kaplamasız yol zemininin oturmasının %6 kireç içerikli zeminden daha az olduğunu ve %6 kireç içerikli zeminin oturmasının da %3 kireç içerikli zeminden daha az olduğunu göstermişlerdir. Sivapullaiah, Kantha, & Kiran (2003) yaptıkları çalışmada, terra rosa zeminine %20 bentonit, %1 çimento ve %1 kireç ekleyerek davranışını incelemişlerdir. Çimento-bentonit karışımının 7 gün içerisinde direnci hızlı bir şekilde arttırdığı, bentonit-kireç karışımının ise 7 günden sonra direnci arttırdığı sonucuna varmışlardır (Sivapullaiah, Kantha & Kiran, 2003).

Keskin & Kavak (2003) yaptıkları çalışmada, killi zemine sahip yol alttemelinin kireç stabilizasyonu ile iyileştirilmesinin etkilerini gözden geçirmişlerdir. Zeminin su içeriği %35 olup, bu

[1] Doç. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
[2] Arş. Gör., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühndisliği Bölümü

oran optimum su içeriğinden %12 fazladır. Yaptıkları çalışmanın sonucunda, CBR değerlerinin 28 günde 8 kata kadar arttığı sonucuna varmışlardır.

Madhavi Latha & Somwanshi (2009), geocell ile zemin güçlendirmesinin, farklı geosentetik güçlendirme türleri arasında (geocell, geotekstil, geogrid) en faydalısı olduğunu göstermiştir. Tafreshi & Dawson (2010), geocell takviyesi ile taşıma kapasitesinde %200'den fazla artışın ve oturmalarda %75'e kadar azalmanın sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, Geocell güçlendirmesinin düzlemsel güçlendirmeye göre daha çok tercih edildiği de belirlenmiştir (Dash, Sireesh & Sitharam, 2003; Tafreshi & Dawson, 2010).

Dash, Sireesh, & Sitharam (2003), geocell yüksekliğindeki artışla birlikte, geocell duvarlarındaki toplam sürtünme direncinin arttığını ve geocellin faydalı etkisini azalttığını belirtmişlerdir. Temelin çapının 2.1 katındaki bir geocell yüksekliğine kadar genel performans iyileştirmesinin önemli olduğu ve bu yüksekliğin ötesindeki iyileştirme etkisinin marjinal olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca, geocell ve geogrid donatılarının birlikte kullanılmasıyla dairesel temelin taşıma kapasitesinde yedi kat artış sağlanabileceği sonucuna varılmıştır.

Zhou & Wen (2008), geocell güçlendirmesi ile meydana gelen oturmaların %44 oranında azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Dash, Krishnaswamy, & Rajagopal (2001) geocellin tabanına düzlemsel bir geogrid eklenirse, temelin taşıma kapasitesinin tek başına geocell ile olduğundan %30 daha fazla arttığını belirtmişlerdir. Zhang & ark. (2010), temel zemini üzerindeki taşıma kapasitesi artışı üzerinde "dikey gerilme dağılım etkisi" ve "membran etkisi"nin önem arz ettiğini belirlemişlerdir.

Dash, Krishnaswamy, & Rajagopal (2001) yaptıkları çalışmada, geocell üretiminde kullanılan taşıma kuvvetinin, geocell performansının değerlendirilmesinde önemli bir parametre olmadığını belirtmişlerdir. Sofiyev & Pancar (2017), heterojenliğin eksenel olarak uyarılmış ortotropik konik kabukların parametrik kararsızlığı üzerindeki etkisini, geocellin dikey gerilme dağılım etkisine benzer şekilde araştırmış ve ana kararsızlık bölgelerinin alanının L/R1 (eğik uzunluk/küçük ortalama yarıçap) oranının artmasıyla azaldığını belirtmişlerdir.

Kumla doldurulmuş 1:1.2 (genişlik: yükseklik) geocell şeklinin ve tortul kil ile doldurulmuş 1:0.8 geocell şeklinin en büyük taşıma kapasitesini verdiği belirtilmiştir (Shin & ark., 2016). Modifiye edilmiş zeminin mühendislik özellikleri, zemin iyileştirme malzemeleri ve teknikleri halen araştırılmaktadır.

Kong & ark. (2020), siltli zeminler için bir restorasyon materyali üretmek amacıyla zemini modifiye etmiştir. Zemini modifiye etmek için kireç ve nişasta eterini hem ayrı ayrı hem de birlikte kullanmışlardır. Hem tek karışımlı modifikasyon hem de çoklu karışım modifikasyon için zeminin sıkıştırma kabiliyetinin ve kesme dayanımının geliştirildiğini bulmuşlardır. Tek karışımlı zemin için optimum kireç ve nişasta eter içeriklerinin sırasıyla %9 ve %5 olduğunu, çoklu karışımlı zemin için ise bu değerlerin sırasıyla %6 ve %5 olduğunu belirtmişlerdir.

Tiwari & Satyam (2020), kireç ve silis dumanı ile işlenmiş lifli geotekstil malzemesi ile güçlendirilmiş genişleyen zeminin davranışını araştırmışlardır. Kireç ile işlem görmüş lifli geotekstil sayesinde yukarı doğru şişme basıncının tek tabakada %52.19, çift tabakada ise %81.89 azaldığını bulmuşlardır. Jahandari & ark. (2022) killi zemini kireç ve geogrid ile işlemden geçirmiş ve 365 günlük kür süresi içinde işlenmiş zeminin mekanik özelliklerini araştırmıştır. Deneysel çalışmalarının sonucunda, geogridlerin ve kirecin killi zeminlerin geoteknik özelliklerini iyileştirdiğini bulmuşlardır.

Bu çalışmada, değişen nem içerikleri altında kireç ve geocell takviyesinin etkisi incelenmiştir. Bu çalışmanın genel amacı, geocell yüksekliğinin (50, 100, 150 ve 200 mm) ve kireç içeriğinin (%3, 6, 9 ve 12), farklı su içeriklerinde (%25, 28, 30, 32 ve 35) killi üstyapı alt zemininin oturması üzerindeki etkilerini analiz etmektir.

Materyal ve metot

Bu çalışmada, farklı su içeriğine sahip (%25, 28, 30, 32 ve 35) killi zeminler üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Zemin, üzerinde sırasıyla elek analizi, kıvam limit deneyleri ve hidrometre analizleri yapıldıktan sonra AASHTO ve birleşik zemin sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılmıştır. Kil malzemesinin optimum su içeriği ve kuru birim ağırlığını belirlemek için proktor deneyleri yürütülmüştür. Bu çalışmada, optimum su içeriği (%25) ve yüksek su içeriği (%28, 30, 32 ve 35) ile hazırlanan karışımlar üzerinde model plaka yükleme deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde zemin, geocell ile farklı yüksekliklerde (50, 100, 150 ve 200 mm) güçlendirilmiş ve zemine %3, 6, 9 ve 12 oranında kireç ilave edilmiştir. Bu işlemler farklı su içeriklerinde (%25,28,30,32 ve %35) ayrı ayrı ve kombine biçimde yapılmıştır. Alt temel olarak kullanılan zeminin elek analizi Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Elek analizi sonuçları

Elek no	Elek çapı	Elek üstü kalan (gr)	Elenen (gr)	Elenme oranı (%)
3/8"	9,53	0	420	100
4	4,76	42,7	377,3	90
10	2	30,1	347,2	83
40	0,42	18,73	328,47	78
100		15,4	313,07	75
200	0,074	11,5	301,57	72
Tava		**301,57**		

ASTM D2487 (2020)'e göre, alt temel olarak kullanılan zemin, yüksek plastisiteye sahip kil olarak sınıflandırılmıştır (Sınıf CH). Zeminin likit limiti %57 ve plastik limiti %26 olarak bulunmuştur.

Geocell için dolgu malzemesi olarak kuru kum kullanılmıştır (Şekil 1). Bu malzeme, güçlendirilmemiş deney kesiti için taban katmanı olarak kullanılmıştır. Etkili parçacık boyutu (D10) 1.2 mm, özgül ağırlık 2.64, üniformluk katsayısı (Cu) 2.25, eğrilik katsayısı (Cc) 1.05 olarak belirlenmiştir. Hazırlanan katman, birleşik zemin sınıflandırma sistemine göre zayıf dereceli kum (SP) olarak sınıflandırılmıştır (ASTM D2487, 2020). Kumun boşluk oranı 0.42 ve iç sürtünme açısı 37º olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Geocellin kum ile doldurulması

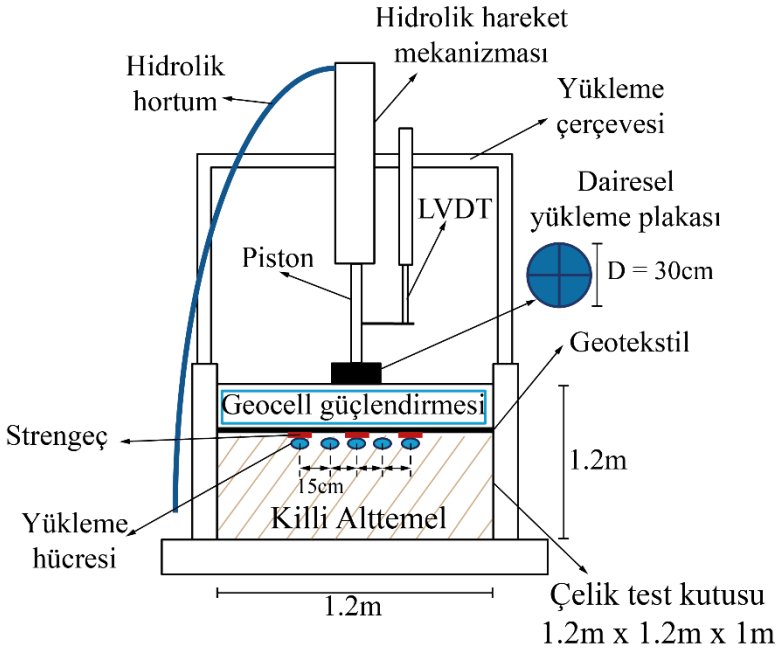
Geocell'in imalatçı tarafından listelenen mühendislik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Geocell hücre duvarlarında da 10 mm çapında drenaj delikleri bulunmaktadır.

Tablo 2. Geocell'in teknik özellikleri

Özellikler	**Değerler**
Yoğunluk (gr/cm³)	0.94
Kaynak boyutu (cm)	40
Hücre uzunluğu (mm)	300
Hücre genişliği (mm)	250
Kalınlık (mm)	2
Hücre yüksekliği (cm)	5-10-15-20

Bir çelik kutuda 5 farklı su içeriğine sahip killi zeminin taşıma kapasitesini artırmada kireç stabilizasyonu (4 farklı kireç içeriğinde) ve geocell güçlendirmesinin (4 farklı geocell yüksekliğinde) etkisini karşılaştırmak için bir laboratuvar modeli yükleme testleri yapılmıştır.

Kutunun genel iç boyutları Şekil 2'de görüldüğü gibi 1.2 m uzunluğunda, 1.2 m genişliğinde ve 1.2 m yüksekliğindedir. Kutunun içine killi zemin yerleştirilmiştir.



Şekil 2. Plaka yükleme deney düzeneği

Dash, Sireesh, & Sitharam (2003) cep çapı/temel genişliği 0.8 civarında olduğunda maksimum performans verdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada, maksimum performans elde etmek için cep çapı 25 cm ve dairesel temelin çapı 30 cm olarak kullanılmıştır. Temel, bir hidrolik aktüatör ile yüklenmiştir.

Bazı çalışmalarda kabul edilebilir oturma aralığı dikkate alınmamış (Dash, Krishnaswamy & Rajagopal, 2001; Dash, Sireesh & Sitharam, 2003; Sireesh, Sitharam & Dash, 2009) ve taşıma kapasitesinin gerçek dışı olduğu tahmin edilmiştir. Temel oturma değerinin, temel genişliğinin (s/B) %12'sine eşit olması, mutlak bir üst sınır olarak kabul edilmektedir (Tafreshi & Dawson, 2010).

Bu çalışmada, maksimum yük 40 kN'luk tek bir tekerlek yükünü simüle etmek için seçilmiştir (80 kN'luk bir aks yüküne ve 550 kPa'lık bir lastik temas basıncına eşdeğerdir).

Test kutusu, optimum su içeriğindeki (%25) ve yüksek su içeriklerindeki (%28,30,32 ve %35) killi zeminlerle doldurulmuştur. Zemin alt temel olarak kullanılmış ve her katman için 25 cm

kalınlığında 3 tabaka halinde yerleştirilmiştir. Yerleştirilen katmanlar, bir titreşimli plakalı kompaktör kullanılarak sıkıştırılmıştır. Alt temel hazırlandıktan sonra alt temel üstüne üç adet gerinim ölçer yerleştirilmiştir. Alt temelin yüzeyine, yükleme plakasının merkezinden sırasıyla 15 cm ve 30 cm uzaklıkta olmak üzere 5 basınç hücresi yerleştirilmiştir. Yükleme sırasında temel oturmasının değerlerini ölçebilmek için temel modeline bir doğrusal değişken diferansiyel dönüştürücü (LVDT) de yerleştirilmiştir (Şekil 1).

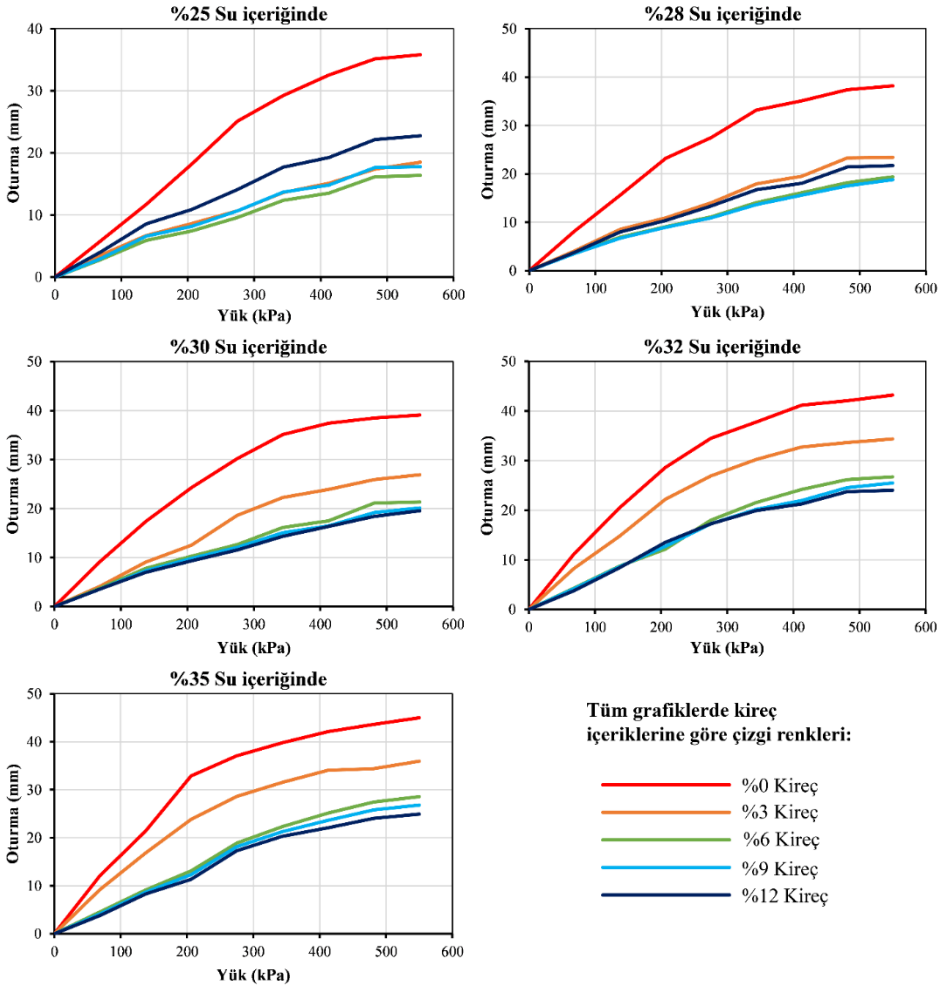
Basınç hücreleri ve gerinim ölçerlerin montajından sonra zeminin üzerine geocell yerleştirilmiştir. Tafreshi & Dawson (2010)'ın çalışmalarında belirttiği gibi optimum test sonuçlarını elde etmek için geocellin üstü, zeminin altından 3 cm derinlikte olacak şekilde ayarlanmıştır.

Test kutusunda, 37 farklı alt temel düzeneği hazırlanmıştır. Farklı su içeriklerine sahip kireç stabilizeli ve geocell (farklı yüksekliklerde) güçlendirmeli zeminlerin oturmaları incelenmiştir.

Bulgular ve tartışma

Laboratuvarda, killi kaplamasız yol zemininin geocell ile iyileştirilmesi ile farklı su içeriklerinde kireç stabilizasyonları arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan geocell yükseklikleri 50, 100, 150 ve 250 mm; kireç içerikleri %3, 6, 9 ve 12 ve su içerikleri ise %25 (optimum), 28, 30, 32 ve 35 olarak seçilmiştir.

%25, 28, 30, 32 ve 35 su içeriklerinde %3, 6, 9 ve 12 oranında kireç stabilizasyonunun etkileri Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Farklı su içeriklerinde kireç stabilizasyonları için yük-oturma eğrileri

%25, 28, 30 ve 32 su içeriğine sahip zeminlerde 550 kPa yükleme altında meydana gelen oturma miktarı, %35 su içeriğine sahip zemindeki oturmanın sırasıyla 0.80, 0.85, 0.87 ve 0.96 katı olarak belirlenmiştir.

%35, 32, 30, 28 ve 25 su içeriklerinde en etkili kireç stabilizasyonu oranları sırasıyla, %12, 12, 12, 6 ve 6 olarak bulunmuştur. %35 su içerikli zemindeki oturma, 550 kPa yükleme altında aynı su içeriğindeki %12, 9, 6 ve %3 kireçle stabilize edilmiş zeminin oturmasının sırasıyla 1.8, 1.7, 1.6 ve 1.3 katı olmuştur. %32 su içerikli zeminde oturma, aynı su içeriğinde 550 kPa yük altında %12, 9, 6 ve 3 kireçle stabilize edilmiş zemindeki oturma miktarlarının sırasıyla 1.8, 1.7, 1.6 ve 1.3 katı olmuştur. %30 su içerikli zemindeki oturma, 550 kPa yük altında aynı su içeriğindeki %12, 9, 6 ve 3 kireçle stabilize edilmiş zeminin oturmasının sırasıyla 2, 2, 1.8 ve 1.4 katı olmuştur. %28 su içerikli zemindeki oturma, 550 kPa yük altında aynı su içeriğindeki %12, 9, 6 ve 3 kireçle stabilize edilmiş zeminin oturmasının sırasıyla 1.8, 2, 2 ve 1.6 katı olmuştur. %25 su içerikli zemindeki oturma, 550 kPa yük altında aynı su içeriğindeki %12, 9, 6 ve 3 kireçle stabilize edilmiş zeminin oturmasının sırasıyla 1.6, 2, 2.2 ve 2 katı olmuştur. Yükleme altında minimum oturmayı sağlamak için zemine yeterli miktarda kireç eklenmelidir. %35 ve %32 su içerikli zeminler için %12 kireç içeriği, %30 su içerikli zeminler için %19 kireç içeriği, %28 ve %25 su içerikli zeminler için ise %6 kireç içeriği kullanılarak daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Dash & Hussain (2012) yaptıkları çalışmada kirecin zeminin sıvı ve plastik limiti üzerindeki etkisini açıklamışlar ve artık zemin için maksimum dayanım veren optimum kireç içeriğinin %3 olduğunu belirlemişlerdir. Zemine kireç eklendiğinde, kireç söner. Zeminin su içeriği hidratasyon için önem arz etmektedir. Sönmüş kireç, kil parçacıkları ile reaksiyona girer. Bu reaksiyon, zeminin nem tutma kapasitesini azalttığı için ek kurutma meydana getirir. Bu çalışmada farklı su içeriğine sahip zeminler için farklı optimum kireç içeriğinin belirlenmesinin amaçlanması söz konusu nedenlerden kaynaklanmaktadır.

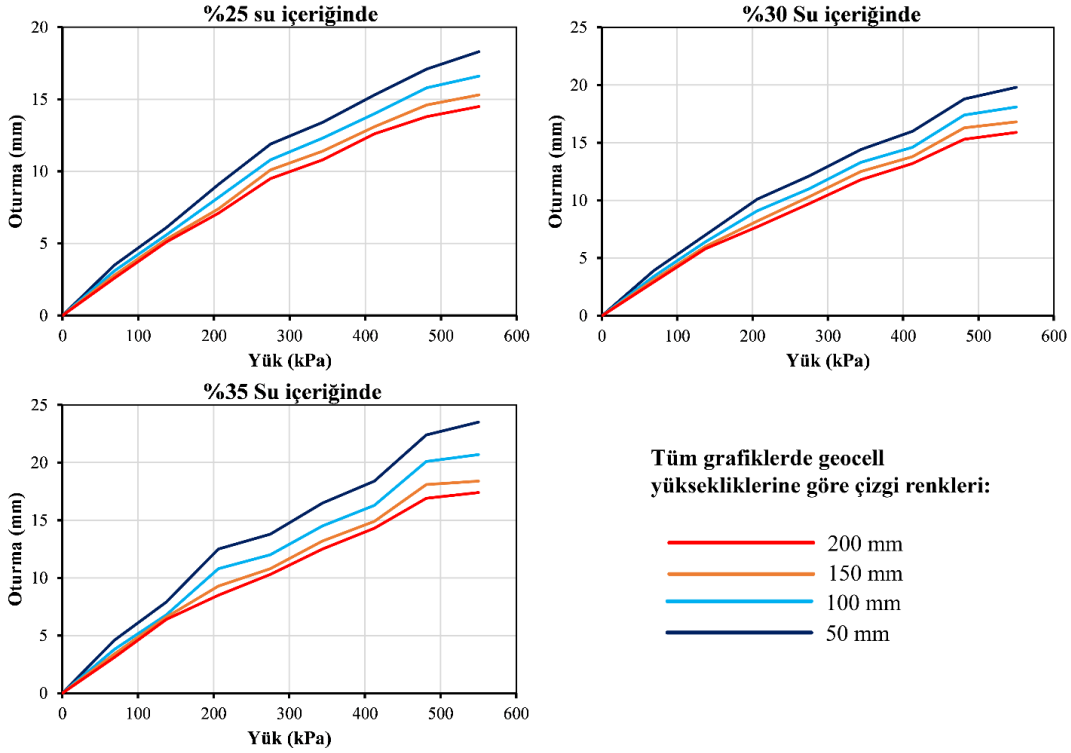
3 farklı su içeriğinde 4 farklı geocell yüksekliklerinde zemin güçlendirildiğinde basınç altındaki zemin oturmaları Şekil 4'te verilmiştir.

%35 su içeriğindeki zeminin 550 kPa yük altında oturması ile aynı su içeriğindeki 200 mm yüksekliğinde geocell güçlendirmeli zeminin arasındaki oran 2.6'dır. 550 kPa yük altında, %30 su içeriğindeki zeminin oturması ile aynı su içeriğindeki 200 mm yüksekliğinde geocell takviyeli zemin arasındaki oran 2.5'tir. 550 kPa yük altında, %25 su içeriğindeki zeminin oturması ile aynı su içeriğindeki 200 mm yüksekliğinde geocell güçlendirmeli zeminin arasındaki oran 2.5'tir. %35 su içerikli geocell takviyeli zeminde 550 kPa yük altında, geocell yüksekliği 100, 150 ve 200 mm olduğunda meydana gelen geocell yüksekliği 50 mm meydana gelen oturmanın sırasıyla 1.1, 1.3 ve 1.4 katıdır. %30 su içerikli geocell takviyeli zeminde 550 kPa yük altında, geocell yüksekliği 100, 150 ve 200 mm olduğunda meydana gelen geocell yüksekliği 50 mm meydana gelen oturmanın sırasıyla 1.1, 1.2 ve 1.3 katıdır. %25 su içerikli geocell takviyeli zeminde 550 kPa yük altında, geocell yüksekliği 100, 150 ve 200 mm olduğunda meydana gelen geocell yüksekliği 50 mm meydana gelen oturmanın sırasıyla 1.1, 1.2 ve 1.3 katıdır.

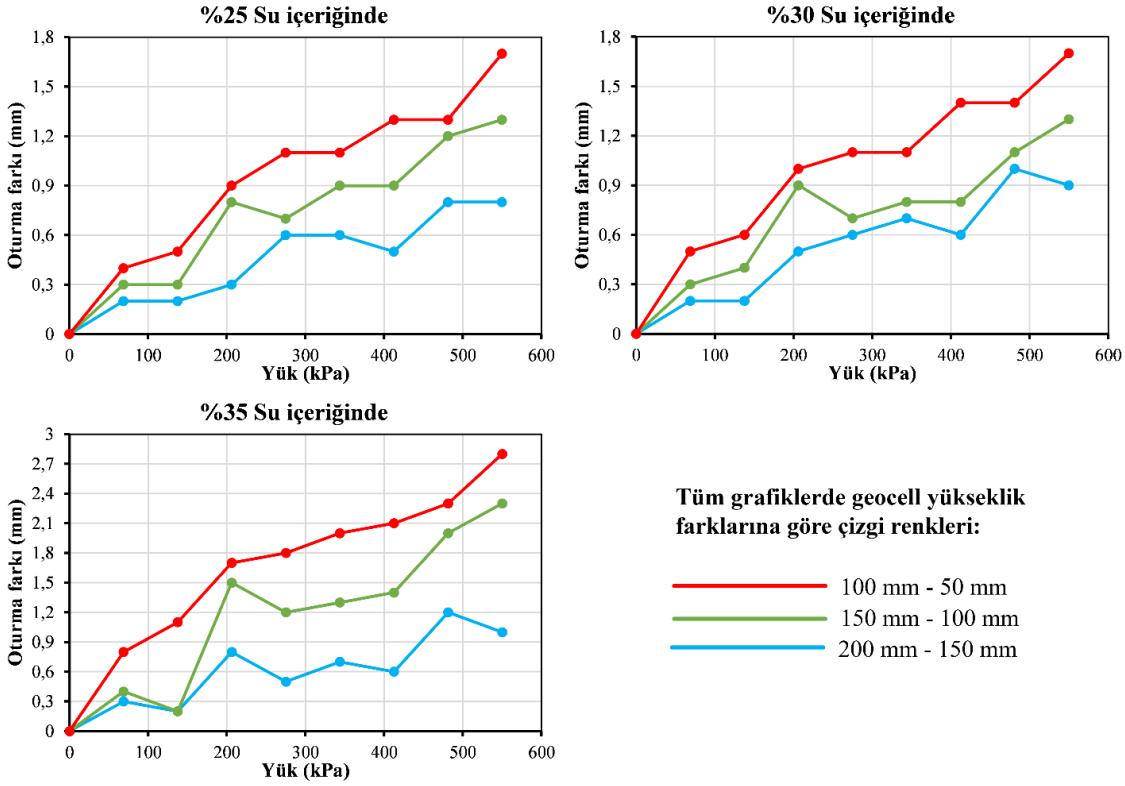
Geocell yüksekliğinin zeminin oturması üzerindeki etkisi, farklı su içeriğindeki zeminler için farklı olmuştur. Geocell'in farklı yüksekliklerinde %25, 30 ve 35 su içeriğindeki zeminlerde meydana gelen oturma farklılıkları Şekil 5'te verilmiştir. Bu şekilde hücre 200, hücre 150, hücre 100 ve hücre 50, geocell yüksekliğinin sırasıyla 200 mm, 150 mm, 100 mm ve 50 mm olduğu anlamına gelmektedir.

Kireçle stabilize edilmiş zeminin farklı su içeriklerindeki zemin altı reaksiyon değerleri (k), yükleme-oturma eğrilerinin eğimleri belirlenerek Şekil 3 yardımıyla hesaplanmıştır. Farklı su içeriklerinde ve farklı yüksekliklerde geocell ile güçlendirilmiş zeminler için Şekil 4 yardımıyla da "k" değerleri ayrıca hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3'te de listelenmiştir. Tablo 3'te görüldüğü üzere, %25 su içeriğinde %6 kireçle, %25 su içeriğinde %3 kireçle ve %28 su içeriğinde %6 kireçle

stabilize edilmiş zeminler için "k" değerleri sırasıyla, 27500, 25000 ve 24750 kN/m3 (en büyük üç değer) olarak belirlenmiştir. Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre bu değer 55.000 kN/m³'den az olmamalıdır ve hiçbir numune bu şartı karşılamamaktadır.



Şekil 4. Farklı su içeriklerinde geocell takviyeli zemin için yük-oturma eğrisi

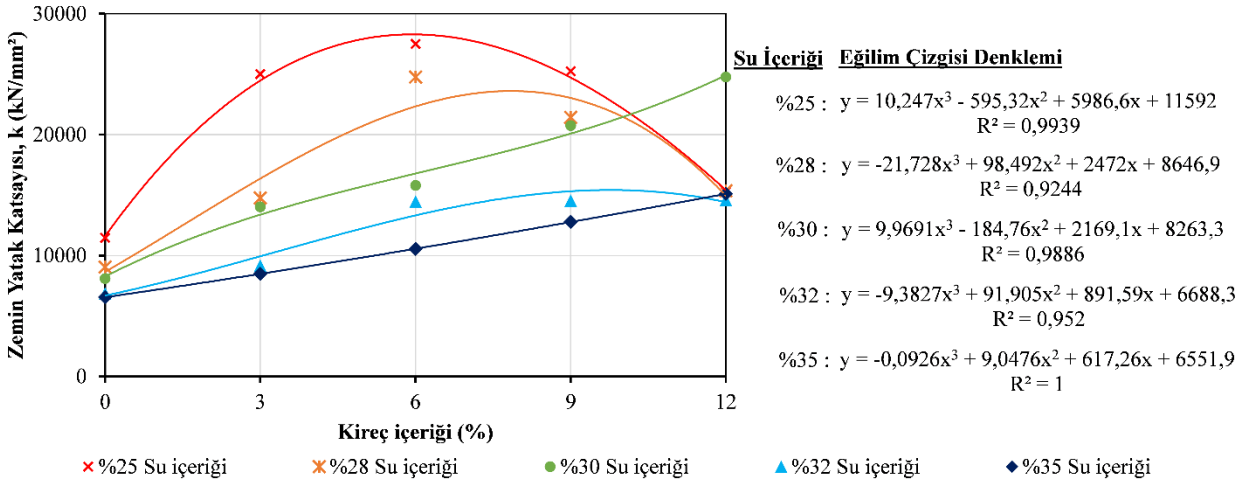


Şekil 5. Farklı su içeriklerinde farklı geocell yükseklikleri arasındaki oturma farklılıkları

Tablo 3. Kireçle stabilize edilmiş ve geocell ile güçlendirilmiş zeminlerdeki yatak katsayıları (k)

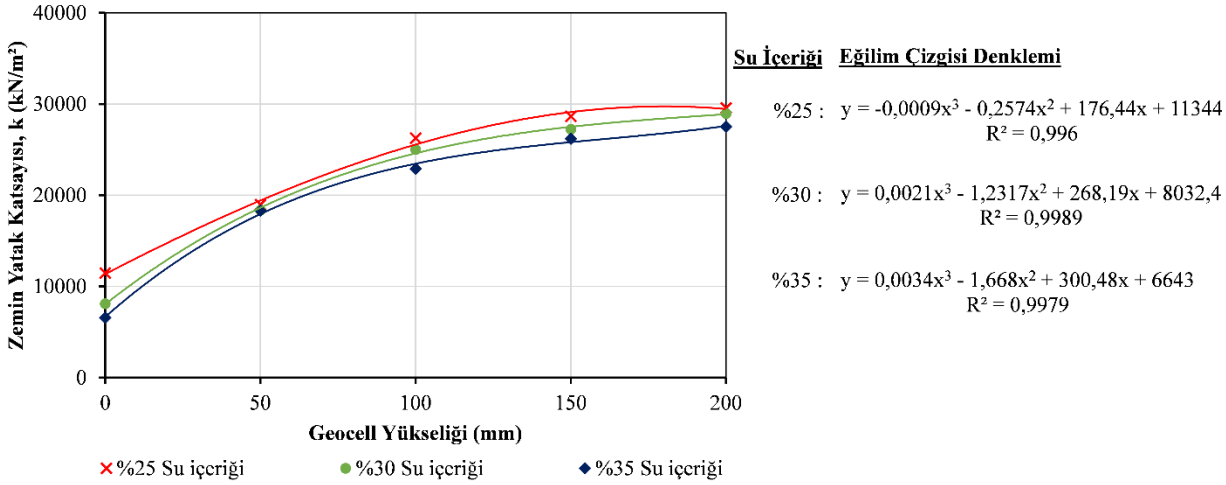
İçerik	**Yatak katsayısı (k) (kN/m³)**
35% su içeriği	6.550
32% su içeriği	6.880
30% su içeriği	8.100
28% su içeriği	9.050
25% su içeriği	11.460
3%kireç (35% su)	8.490
6% kireç (35% su)	14.860
9% kireç (35% su)	14.950
12% kireç (35% su)	15.100
3% kireç (32% su)	9.170
6% kireç (32% su)	14.470
9% kireç (32% su)	14.550
12% kireç (32% su)	14.600
3% kireç (30% su)	14.030
6% kireç (30% su)	24.500
9% kireç (30% su)	24.680
12% kireç (30% su)	24.700
3% kireç (28% su)	14.750
6% kireç (28% su)	24.750
9% kireç (28% su)	24.740
12% kireç (28% su)	15.350
3% kireç (25% su)	25.000
6% kireç (25% su)	27.500
9% kireç (25% su)	25.000
12% kireç (25% su)	15.280
Geocell yüksekliği 200mm (35% su)	27.500
Geocell yüksekliği 150mm (35% su)	26.190
Geocell yüksekliği 100mm (35% su)	22.900
Geocell yüksekliği 50mm (35% su)	18.300
Geocell yüksekliği 200mm (30% su)	28.950
Geocell yüksekliği 150mm (30% su)	27.230
Geocell yüksekliği 100mm (30% su)	25.000
Geocell yüksekliği 50mm (30% su)	18.350
Geocell yüksekliği 200mm (25% su)	29.570
Geocell yüksekliği 150mm (25% su)	28.650
Geocell yüksekliği 100mm (25% su)	26.250
Geocell yüksekliği 50mm (25% su)	18.950

Kireç stabilizasyonu zeminin "k" değerini %35, 32, 30, 28 ve 25 su içeriklerinde sırasıyla 2.3, 2.1, 3.0, 2.7.8 ve 2.4 kat artırmıştır. Görüldüğü gibi su içeriği azalırken bu artışlar azalmaktadır. En yüksek "k" değerini elde etmek için en iyi kireç içeriği %25 ve 28 su içeriğindeki zeminlerde %6, %30 su içeriğindeki zeminlerde %9 olarak belirlenmiştir. %12 kireç içeriği, %32 ve 35 su içeriklerindeki zemin için en yüksek "k" değerini elde etmede en iyi alternatif olmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. Zemindeki kireç ve su içeriğine göre zemin yatak katsayısı

Şekil 7'de, zemindeki farklı su içeriklerinde zemin yatak katsayısı ile geocell yüksekliği arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 7. Geocell yüksekliğine ve zemindeki su içeriğine göre zemin yatak katsayısı

Geocell yüksekliği arttıkça zemin yatak katsayısı değerinin arttığı, bu artışın 150 mm geocell yüksekliğinden sonra önemli derecede azaldığı belirlenmiştir. Geocell yüksekliğine ve zemindeki %25, 30 ve 35 su içeriğine göre zemin yatak katsayısı için belirleme katsayısı (R^2) sırasıyla 0.996, 0.9989 ve 0.99979 olarak hesaplanmıştır. Tüm su içerikleri için denklemler Şekil 7'de gösterilmiştir. Üç su içeriği için de R^2 değeri 1'e oldukça yakın çıkmıştır. Bu nedenle, grafikten elde edilen denklemleri kullanarak zemin yatak katsayısının tahmin edilebilmesi mümkün olacaktır. Şekil 6 ve 7' deki polinomların daha fazla veri noktası kullanılarak daha doğru şekilde temin edilebilmesi mümkün olsa da yazarlar mevcut verilerden polinomların doğruluğu için yeterli olduğunu ve R^2'nin doğrulandığını düşünmektedir.

Plaka yükleme deneyinden elde edilen yük-deformasyon eğrisinde 10 mm oturmaya karşılık gelen gerilmenin yarısı temel zeminin taşıma kapasitesini vermektedir. Bu bilgilerden yola çıkılarak yük-deformasyon eğrilerinde 10 mm'ye tekabül eden gerilmelerin yarısı hesaplanmış ve taşıma gücü değerleri belirlenmiştir. Kireç stabilizeli zeminler için taşıma gücü değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Kireç ilavesiyle taşıma kapasitesi %35, 32, 30, 28 ve 25 su içeriklerinde maksimum sırasıyla, 3.1, 2.4, 2.9, 2.7 ve 2.4 kat artırılmıştır. Farklı su içeriklerinde farklı yüksekliklerde geocell ile güçlendirilmiş zeminler için taşıma gücü değerleri de Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Kireçle stabilize edilmiş ve geocell ile güçlendirilmiş zeminlerdeki taşıma gücü değerleri

İçerik	**Taşıma gücü (kN/m²)**
35% su içeriği	28
32% su içeriği	31
30% su içeriği	38
28% su içeriği	43
25% su içeriği	60
3%kireç (35% su)	38
6% kireç (35% su)	82
9% kireç (35% su)	84
12% kireç (35% su)	86
3% kireç (32% su)	44
6% kireç (32% su)	74
9% kireç (32% su)	74
12% kireç (32% su)	75
3% kireç (30% su)	74
6% kireç (30% su)	95
9% kireç (30% su)	108
12% kireç (30% su)	110
3% kireç (28% su)	86
6% kireç (28% su)	115
9% kireç (28% su)	115
12% kireç (28% su)	95
3% kireç (25% su)	127
6% kireç (25% su)	142
9% kireç (25% su)	125
12% kireç (25% su)	86

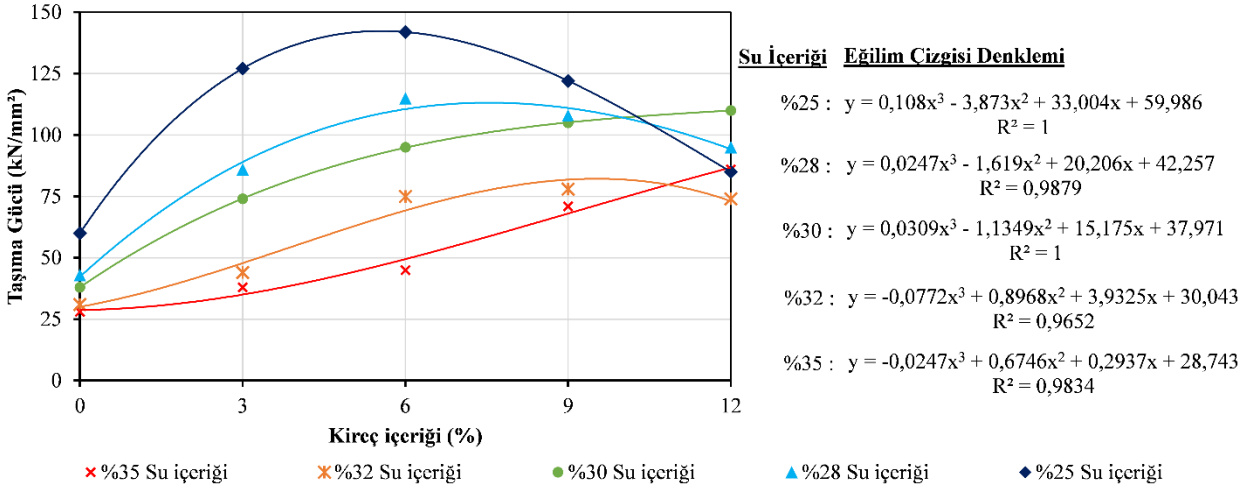
Tablo 4. Kireçle stabilize edilmiş ve geocell ile güçlendirilmiş zeminlerdeki taşıma gücü değerleri (devamı)

İçerik	Taşıma gücü (kN/m²)
Geocell yüksekliği 200mm (35% su)	138
Geocell yüksekliği 150mm (35% su)	121
Geocell yüksekliği 100mm (35% su)	93
Geocell yüksekliği 50mm (35% su)	86
Geocell yüksekliği 200mm (30% su)	140
Geocell yüksekliği 150mm (30% su)	135
Geocell yüksekliği 100mm (30% su)	120
Geocell yüksekliği 50mm (30% su)	103
Geocell yüksekliği 200mm (25% su)	148
Geocell yüksekliği 150mm (25% su)	138
Geocell yüksekliği 100mm (25% su)	120
Geocell yüksekliği 50mm (25% su)	112

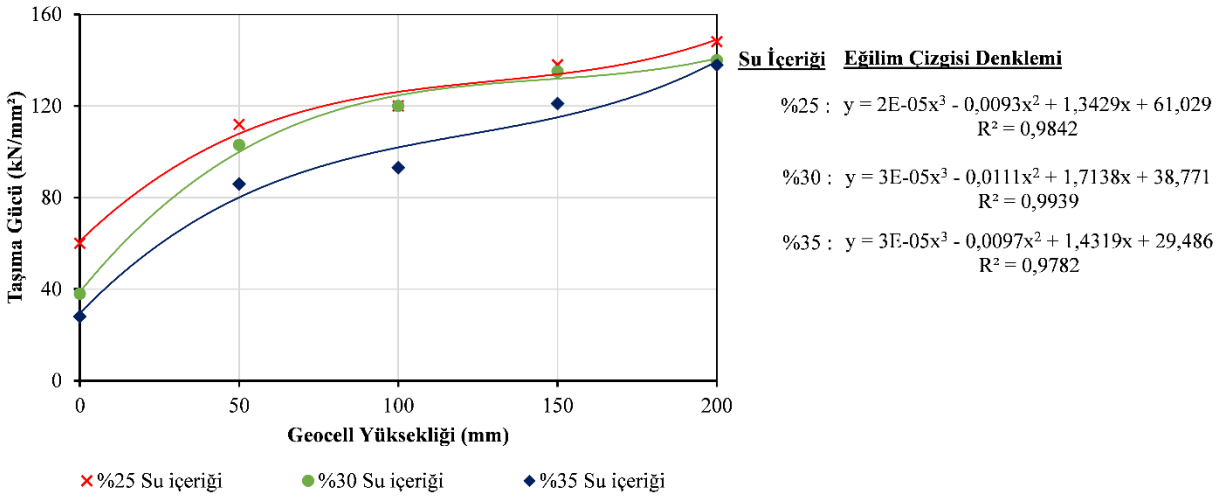
Geocell yüksekliği 200 mm olduğunda beklendiği gibi en yüksek taşıma kapasiteleri elde edilmiştir. Geocell yüksekliğinin zeminin taşıma kapasitesine etkisi bu çalışmada tüm su içeriklerinde azalmaktadır.

Zeminin geocell güçlendirilmesi ile taşıma kapasitesi %35, 30 ve 25 su içeriğinde sırasıyla ,5, 3.7 ve 2.5 kat artırılmıştır. Geocell takviyesi ile kireç stabilizasyonu arasındaki taşıma kapasitesi oranı (geocell kullanılarak maksimum taşıma kapasitesi / kireç stabilizasyonu ile maksimum taşıma kapasitesi) %35, %30 ve %25 su içeriklerinde sırasıyla 1.60, 1.27 ve 1.04'tür. Su içeriği azaldığında geocell takviyesi yerine kireç stabilizasyonunun kullanılabileceği belirlenmiştir. Şekil 8, kireç ve su içeriğine göre toprağın taşıma kapasitesini göstermektedir. Şekil 9, zemindeki geocell yüksekliği ve su içeriğine göre zeminin taşıma kapasitesini göstermektedir.

Şekil 8 ve Şekil 9'daki tüm denklemler için R^2 değerleri 1'e oldukça yakın çıkmıştır. Şekil 9, geocell yüksekliğini 200 mm'den daha fazla artırmanın, zemindeki su içeriğinin %25, 30 ve 35 olduğu durumlarda zeminin taşıma kapasitesini daha fazla artırmayacağını göstermektedir.



Şekil 8. Zemindeki kireç ve su içeriğine göre taşıma gücü



Şekil 9. Geocell yüksekliğine ve zemindeki su içeriğine göre taşıma gücü

Sonuçlar

Kireç stabilizasyonu ve geocell güçlendirilmesi zeminin iyileştirilmesinde kullanılabilmektedir. Bu çalışmada, kaplamasız yollardaki killi zeminler için farklı su içeriklerinde kireç stabilizasyonu ve geocell güçlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla farklı kireç içerikleri ve geocell yükseklikleri araştırılmıştır. Laboratuvar ortamında model plaka yükleme deneyleri yapılmıştır. 37 farklı kaplamasız yol test bölümü incelenmiştir. En yüksek yük, 40 kN'luk tek bir tekerlek yükünü simüle etmek için seçilmiştir (80 kN'luk bir aks yüküne ve 550 kPa'lık bir lastik temas basıncına eşdeğerdir). Kireç içeriğinin ve geocell yüksekliğinin, farklı su içeriklerinde, zeminin taşıma kapasitesine ve zemin yatak katsayısına etkisi araştırılmıştır. Bu iyileştirmelerin Karayolları Teknik Şartnamesi şartını karşılayıp karşılamadığı araştırılmıştır. Bu çalışmada sunulan verilerden aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

• Kireçle stabilize edilmemiş zemindeki oturma, stabilize edilmiş zemindeki oturmanın 1.8-2.2 katı kadar olmuştur.

• Geocell güçlendirmesiz zemindeki oturma, güçlendirilmiş zemindeki oturmanın 2,5-2.6 katı kadar olmuştur.

• Geocell yüksekliğinin zeminin basınç altındaki oturmasına etkisi, zeminin su içeriği azaldıkça azalmaktadır.

• Geocell yüksekliği arttığında, zemin yatak katsayısının da arttığı ve %25, 30 ve 35 su içeriklerinde 200 mm geocell yüksekliğinin ötesinde kararlı hale geldiği gözlenmiştir.

• %25 (optimum su içeriği), 28, 30, 32, 35 su içeriklerinde yüksek taşıma gücü açısından en uygun kireç içerik değerlerinin sırasıyla %6, 6, 9, 9, 9 oranında olduğu görülmüştür.

• Geocell takviyesi ile taşıma kapasitesi maksimum 5 kat artırılmıştır.

Yapılan çalışmalar neticesinde, özellikle su muhtevasının yüksek olduğu alanlarda Karayolları Teknik Şartnamesi'nin kriterlerini karşılayabilmek için, yol alt temelinde kireç stabilizasyonu ve geocell takviyesinin birlikte uygulanması tavsiye edilmekte olup, zemindeki su içeriğine göre kireç oranının ve geocell yüksekliğinin ayarlanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

ASTM D2487. (2020). Standard practice for classification of soils for engineering purposes (unified soil classification system). In. West Conshohocken, PA: ASTM International.

Broderick, G. P., & Daniel, D. E. (1990). Stabilizing Compacted Clay against Chemical Attack. *Journal of Geotechnical Engineering, 116*(10), 1549-1567. doi:10.1061/(ASCE)0733-9410(1990)116:10(1549)

Dash, S. K., & Hussain, M. (2012). Lime Stabilization of Soils: Reappraisal. *Journal of Materials in Civil Engineering, 24*(6), 707-714. doi:10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000431

Dash, S. K., Krishnaswamy, N. R., & Rajagopal, K. (2001). Bearing capacity of strip footings supported on geocell-reinforced sand. *Geotextiles and Geomembranes, 19*(4), 235-256. doi:10.1016/S0266-1144(01)00006-1

Dash, S. K., Sireesh, S., & Sitharam, T. G. (2003). Model studies on circular footing supported on geocell reinforced sand underlain by soft clay. *Geotextiles and Geomembranes, 21*(4), 197-219. doi:10.1016/S0266-1144(03)00017-7

Jahandari, S., Mojtahedi, S. F., Zivari, F., Jafari, M., Mahmoudi, M. R., Shokrgozar, A., . . . Jalalifar, H. (2022). The impact of long-term curing period on the mechanical features of lime-geogrid treated soils. *Geomechanics and Geoengineering, 17*(1), 269-281. doi:10.1080/17486025.2020.1739753

Keskin, E., & Kavak, A. (2003). *Yüksek su muhtevsında killi bir zeminin kireç stabilizasyonu ile iyilleştirilmesi ve yol kesitine etkileri*. Paper presented at the XI. Kil Sempozyumu, Ege Üniversitesi, İzmir.

Kong, D., Chen, J., Wan, R., & Liu, H. (2020). Study on Restoration Materials for Historical Silty Earthen Sites Based on Lime and Starch Ether. *Advances in Materials Science and Engineering, 2020*, 2850780. doi:10.1155/2020/2850780

Madhavi Latha, G., & Somwanshi, A. (2009). Effect of reinforcement form on the bearing capacity of square footings on sand. *Geotextiles and Geomembranes, 27*(6), 409-422. doi:10.1016/j.geotexmem.2009.03.005

Pancar, E. B., & Akpınar, M. V. (2016). Comparison of Effects of Using Geosynthetics and Lime Stabilization to Increase Bearing Capacity of Unpaved Road Subgrade. *Advances in Materials Science and Engineering, 2016*, 7129356. doi:10.1155/2016/7129356

Shin, E. C., Kang, H. H., Kang, J. K., & Shin, H. S. (2016). Effect of geocell shape and filling material characteristics on bearing capacity geocell reinforced soils. *Japanese Geotechnical Society Special Publication, 2*(66), 2244-2247. doi:10.3208/jgssp.KOR-20

Sireesh, S., Sitharam, T. G., & Dash, S. K. (2009). Bearing capacity of circular footing on geocell–sand mattress overlying clay bed with void. *Geotextiles and Geomembranes, 27*(2), 89-98. doi:10.1016/j.geotexmem.2008.09.005

Sivapullaiah, P. V., Kantha, H. L., & Kiran, K. M. (2003). Geotechnical properties of stabilised Indian red earth. *Geotechnical & Geological Engineering, 21*(4), 399-413. doi:10.1023/B:GEGE.0000006051.02215.a6

Sofiyev, A. H., & Pancar, E. B. (2017). The effect of heterogeneity on the parametric instability of axially excited orthotropic conical shells. *Thin-Walled Structures, 115*, 240-246. doi:10.1016/j.tws.2017.02.023

Tafreshi, S. N. M., & Dawson, A. R. (2010). Comparison of bearing capacity of a strip footing on sand with geocell and with planar forms of geotextile reinforcement. *Geotextiles and Geomembranes, 28*(1), 72-84. doi:10.1016/j.geotexmem.2009.09.003

Tiwari, N., & Satyam, N. (2020). An experimental study on the behavior of lime and silica fume treated coir geotextile reinforced expansive soil subgrade. *Engineering Science and Technology, an International Journal, 23*(5), 1214-1222. doi:10.1016/j.jestch.2019.12.006

Zhang, L., Zhao, M., Shi, C., & Zhao, H. (2010). Bearing capacity of geocell reinforcement in embankment engineering. *Geotextiles and Geomembranes, 28*(5), 475-482. doi:10.1016/j.geotexmem.2009.12.011

Zhou, H., & Wen, X. (2008). Model studies on geogrid- or geocell-reinforced sand cushion on soft soil. *Geotextiles and Geomembranes, 26*(3), 231-238. doi:10.1016/j.geotexmem.2007.10.002

Bentonitin Genleştirilmiş Kil Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Mustafa EKEN[1]

Giriş

Genleşmiş kil, 1100-1300°C sıcaklık değerleri arasında hacimsel artışa uğrayarak oluşan kil olarak adlandırılmaktadır. Genleştirilmiş killerin sahip oldukları teknik özelliklerinden dolayı diğer hammaddelere oranla kullanım alanları daha geniştir. Özellikle inşaat sektöründe hafif beton üretiminde kullanılması donatıdan %20 oranında, ısıtma-soğutma giderlerinden yaklaşık %50 oranında tasarruf sağlayarak katkıda bulunmaktadır [1]. Genleştirilmiş killerin yapı olarak petek görünümünde olması, ezilme direncine karşı dayanımının yüksek olması, yüksek sıcaklıklara karşı dayanımının yüksek olması, ısı ve ses yalıtımı performansının yüksek olması kullanım oranın artmasına olanak sağlamaktadır [2]. Genleştirilmiş killer pişirilme sırasında yüksek oranda hacim artışı davranışı gösterirler. Dış kısımlarında sinter kabuğu oluşumu meydana gelirken iç kısımlarında da gaz oluşumu meydana gelmektedir. Gaz oluşumu malzemenin viskoz haline geçmesini sağlayarak genleştirmektedir. Killerin genleşme oluşumundaki temel unsurlar bulunmaktadır. Bu temel unsurlar, iki mikrondan küçük tane oranı %35, yapısında ilit, siterit, mika grubu silikat olması, %5 oranından düşük karbonat, demir oksit oranı %5-10 arasında, organik karbon oranı %0,5-2,5 arasında, Al2O3 oranının %12-25, SiO2 oranın %50-78 oranında, kum bileşeni minimum oranda ve sinterleşme oranı 1200°C civarında olmalıdır [3]. Genleştirilmiş killerin agrega olarak kullanılması özellikle hafif betonun birçok özelliğinin gelişmesine katkıda bulunacaktır. Genleşmiş killerin agregaları şekil olarak küresel, renk olarak kahverengi ve mikro yapı olarak pürüzsüzdür [4]. Sinterlenmiş kil agregalarının özgül ağırlıkları 0,66-1,65 arasında değişiklik göstererek normal agregalara göre %20-50 oranında daha hafif özelliklere sahiptir. Özgül ağırlık sinterleme sıcaklığına ve yoğun yapı oluşumundan kaynaklı olarak farklılık gösterebilmektedir. Genleştirilmiş kil agregalarının en önemli özellikleri arasında su emme oranı önemli bir rol oynamaktadır. Genleştirilmiş hafif kil agregaları %20-78 oranında su emme değerlerine sahiptirler [5]. Sinterlenmiş agregaların gevşek kütle yoğunlukları 1640-2050 kg/m3 arasında değiştiği ve pelet büyüklüğüne bağlı olarak değiştiği ifade edilmektedir. Pelet boyut oranı arttıkça kütle yoğunluğu azalmaktadır [6].

Dünya'da genleştirilmiş kil agregaları üzerine farklı çalışmalar ve araştırmalar yapılmaktadır. Ülkemizde ise hafif agrega olarak kullanımına yönelik çalışmalar kısıtlı sayıda ve kil yataklarının birçoğu henüz değerlendirilememektedir. Yeterince değerlendirilemeyen ve çalışmaların kısıtlı olduğu killerden biri olarak Bentonitik kil olarak adlandırılan Bentonit kilini saymak mümkündür. Bentonit, içeriğinde yüksek miktarda montmorillonit ile yapısında hektorit, soponit gibi kil minerallerini içeren bir malzemedir [7-8]. Bentonit incelendiğinde alçı malzemesinde priz süresinin kısaltılmasında, zemin iyileştirme çalışmalarında, seramik sektöründe, yangın söndürücü katkı maddesi olarak vb. yerlerde katalizör malzemesi olarak kullanım alanları bulunmaktadır [9]. Yapıla bir çalışmada Bentonitin sahip olduğu yumuşak ve plastik yapısı ile genleşen killerden beklenen özellikte kimyasal özelliği ile genleşen kil agregalarında kullanılacak özelliklere sahip bir madde olduğu belirtilmiştir [10].

[1] Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi Elbistan Meslek Yüksekokulu İnşaat Teknolojisi Bölümü

Türkiye Bentonit malzemesi bakımından oldukça zengin bir rezervlere sahip bir ülke olarak bilinmektedir [11]. Bu çalışmada da Niğde-Tepeköy mevkiinde bulunan sahadan alınan Bentonit numunelerinin genleştirilmiş kil agregası üretiminde kullanılabileceğinin araştırılması yapılmıştır.

1.Materyal ve Yöntem

Niğde-Tepeköy mevki Bentonitinin genleşmiş kil agregasında kullanıp kullanılamayacağının belirlenebilmesi için 30 kg numune alınmıştır. Bentonit malzemesinin mineralojik, kimyasal analiz, SEM ve genleşme analizleri uygulanarak agrega üretimi gerçekleştirilmiş ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Çalışma sahasından bentonit numunesi Şekil 1'de verilmiştir.

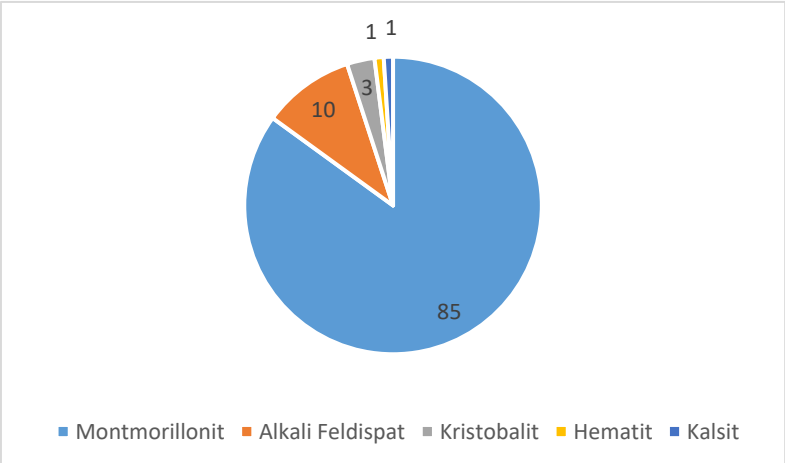


Şekil 1. Bentonit numune örneği

1.1. Mineralojik Analiz

Çalışma sahasından alınan numunelerin bej-sarımsı renge sahip olduğu göz muayenesi ile tespit edilmiştir. Bentonit numunesinin CaO oranı bakımından zengin olup olmadığı hazırlanan %10 HCI çözeltisinin numune üzerinde uygulanması ve sonucunda köpürme olayının meydana gelmesi ile anlaşıldığı belirtilmiştir.

Kilin mineralojik analizi için çeyrekleme yöntemi ile numune alınmıştır. Numunenin XRD analizi Cu-x ışın tüplü Panalytical X'Pert Powder XRD analiz cihazı ile (4-70o tüm kayaç, 4-30 o detay kayaç) gerçekleştirilen XRD analizi Panalytical X'Pert Highscore Plus programı ve ICSD veri tabanı kullanılarak analizi yapılmıştır. Mineralojik analiz sonuçlarında montmorillonit %85, feldispat %10, kristobalit %3, hematit %1 ve kalsit %1 oranında bulunmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Niğde-Tepeköy XRD analizi (%)



Şekil 3. Tepeköy Bentonit numunesinin saf su ile fiziksel değişimleri (1. Kuru hali, 2. İlk ıslatıldığında).

1.2. Kimyasal Analiz

Bentonit numunesinin kimyasal bileşiminin tespiti için XRF analizleri yapılarak Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Niğde-Tepeköy Bentonit kimyasal analizi

Bileşim	%
SiO_2	51,71
Al_2O_3	21,71
Fe_2O_3	5,17
CaO	3,23
MgO	1,84
K_2O	0,41
Na2O	0,49
P_2O_5	0,07
TiO_2	0,58
SO_3	0,47
Diğer	8,71

Bentonit killerinin kimyasal bileşimleri hangi tip Bentonit kili oldukları hakkında kesin bir bilgi vermemekte ama bentonitlerin yapıları hakkında tahmin yapılabilmesi için bir yaklaşımda bulunulmasına olanak sağlamıştır. Bentonitlerin değerlendirilmesinde Na2O+K2O / CaO+MgO oranı 1' eşit ve Na ara tip, 0,33'e eşit ve büyükse ara tip, 0,33'den küçük ise Ca bentoniti olarak adlandırılmaktadır [12]. Niğde-Tepeköy mevkiinden temin edilen Bentonitin kimyasal içeriği Çizelge 1'de verilmiştir. Belirlen oran ile bentonit kilinin Ca bentonit olduğu belirlenmiştir.

1.3. Malzeme Viskozite Ölçümü

Bentonitlerin viskozitelerinin akışının belirlenebilmesinde Pavlov [13] genleşme özelliği gösteren killer için iki şart öne sürmüştür. Bunlardan ilki, SiO_2/Eriticiler oranının dört veya dörtten düşük olması. İkinci şart ise Na_2O+MgO+ K_2O+Fe_2O_3/CaO oranının dörtten daha yüksek orana sahip olmasıdır. İlk şartta aranan SiO_2/Eriticiler oranının dört ya da daha düşük değerler içermesi

genleşme değerlerinin daha yüksek olacağını, İkinci şartta aranan özellik için ise uygun genleşme değerlerinin elde edilmesi için önemli olduğu belirtilmiştir [14].

Tablo 2. Pavlov 'a göre numune viskozite özellikleri

$Na_2O+MgO+K_2O+Fe_2O_3+CaO$ (Eriticiler)	SiO_2/Eriticiler	$Na_2O+MgO+K_2O+Fe_2O_3/CaO$
11,13	4,64	2,44

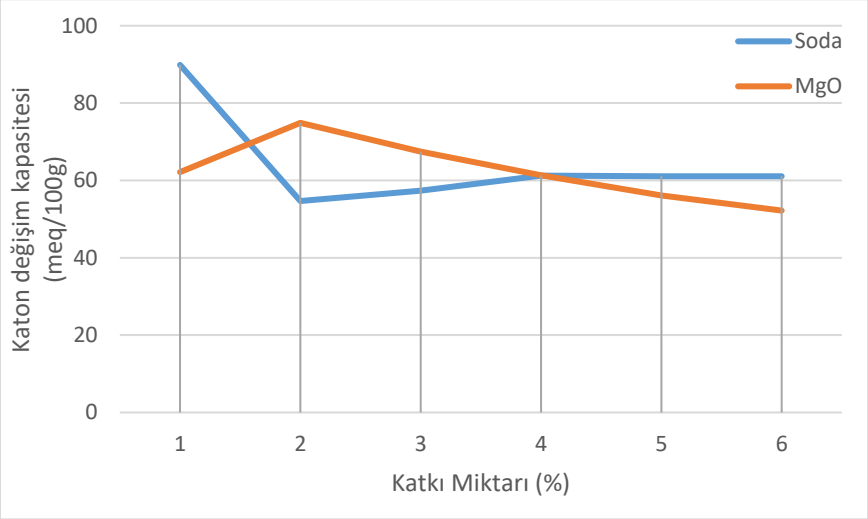
Tablo 2'de elde edilen verilere göre Bentonit kili şartları sağlamamaktadır. Bu nedenle numunenin kuru aktivasyon yöntemi ile soda ve MgO aktivite edilerek şartları sağlanması amaçlanmıştır.

1.4 Niğde-Tepeköy Bentonit aktivasyonu

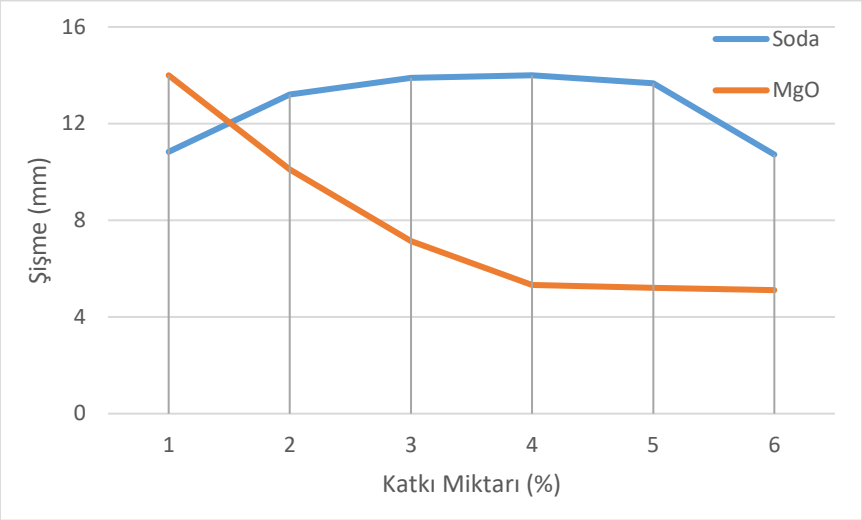
Çalışmada bölgeden temin edilen kile Soda ve MgO eklenerek aktivasyon işlemleri uygulanmıştır. Kuru aktivasyon işlemleri için kilin nem durumu yaklaşık olarak %40 aralığında belirlenmiştir. bentonit kili çeneli kırıcıda 2mm boyutlarına getirilmiş ardından nemlendirme işlemine tabi tutulmuştur. Numunelere %0,5-1-1,5-2 oranlarında Soda ve MgO toz halinde eklenerek homojen olarak karıştırılmıştır. Kil numunesine ait katyon değişim kapasitesi ASTM C 837 [15] standardına uygun olarak Kahramanmaraş ÜSKİM laboratuvarında yapılmıştır. ASTM D 5890-95 [16] standardına göre bentonitin şişme değeri 100 ml saf su içerisindeki kuru haldeki 2 gr bentonit hacmini belirtmektedir.

2. Bulgular ve tartışma

Aktive işlemlerinin ardından numunelerin katyon değişim kapasite değerleri Şekil 4'te verilmiştir. MgO aktivasyon işlemlerinde katkı oranının artması aktivasyonu azalttığı, Soda katkısı ile de %2 den sonra değişim göstermediği belirlenmiştir. MgO ve Soda katkı oranlarının optimum değerlerinin sırasıyla %1 ve %0,5 olarak belirlendiği söylenmektedir.



Şekil 4. Bentonit aktive katyon değişim kapasite oranı



Şekil 5. Bentonit kilinin şişme değerleri

Aktive edilmiş bentonit killerinin şişme değerleri Şekil 5'te verilmiştir. Soda ile aktive edilmiş olan bentonit kilinin şişme değeri 15 ml'ye kadar artış sağladığı daha sonra azalma eğilimi gösterdiği görülmektedir. Soda ile aktive edilmiş kil numunesinin en yüksek şişme değerine %2 katkı oranı ile ulaştığı görülmektedir. MgO ile aktive edilmiş bentonit kilinin şişme değeri katkı oranı arttıkça azalıştır. En yüksek şişme değerine %0,5 katkı oranı ile 14 ml olarak ölçülmüştür. Literatürde katkı oranı arttıkça şişme değerlerinin değiştiği ile ilgili çalışmalar mevcuttur [17,18]. Çalışmadan elde edilen değerler benzer sonuçlar ile desteklenmektedir.

3. Sonuçlar

Soda ve MgO ile aktive edilmiş olan bentonit killerine ait değerler incelendiğinde artışların düşük miktarlarda olduğu Soda ve MgO katkı oranının artması da beklentilerin altında kaldığı görülmektedir. TS EN ISO 13500 standardına göre şişme değerinin en az 22 ml olması gerektiği belirtilmiştir [19,20]. Bu sonuçlarda aktivasyon süresinin kısa olması ve karıştırma işlemleri gibi faktörlerin etkili olduğu belirlenmiştir. Bir sonraki çalışmada aktivasyon süresinin uzun tutulması ve laboratuvar şartlarının daha iyi koşullarda değerlendirilmesi gerektiği önerilmektedir. Bu şekilde standartlara uygun değerlerin elde edileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Payam, S. Hafez, G. Hilmi, B. M. & Jumaat, M. Z. (2014). A comparison study of the mechanical properties and drying shrinkage of oil palm shell and expanded clay lightweight aggregate concretes. *Materials and design*, 60, 320–7.

[2] Corinaldesi, V. & Moriconi, G. (2015). Use of synthetic fibres in self compacting light weight aggregate Concretes. *Journal of building engineering*, 4, 247–54.

[3] Özgüven, A. (2009). Genleşen Kil Agrega Üretimi ve Endüstriyel Olarak Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi*, FBE, Isparta, s307.

[4] Cui, H. Z. Lo, T. Y. Memon, S. A. & Xu, W. (2012). Effect of lightweight aggregates on the mechanical properties and brittleness of lightweight aggregate concrete. *Constr. Build. Mater*, 35, 149–58.

[5] Real, S. Gomes, M. G. Rodrigues, A. M. & Bogas, J. A. (2016). Contribution of structural lightweight aggregate concrete to the reduction of thermal bridging effect in buildings. *Construction and Building Materials*, 121, 460–70.

[6] Miguel, C. S. & Pedro, D. S. (2014). Experimental evaluation of cement mortars with phase change material incorporated via lightweight expanded clay aggregate. *Construction and Building Materials*, 63, 89–96.

[7] DPT, (2005). *8. beş yıllık kalkınma planı, madencilik özel ihtisas komisyonu raporu*, Yapı malzemeleri-Genleşen Killer, s69-73.

[8] Gündüz, L. Şapcı, N., Bekar, M. ve Yorgun, S. (2006*). Genleşmiş kilin hafif agrega olarak kullanılabilirliği*", Kibited, 2, 43- 49.

[9] Kaya, T. Yazıcıoğlu, S. (2015). Kalsine bentonit katkılı harçların fiziksel ve mekanik özelliklerine yüksek sıcaklık etkisi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4, 2, 150-160.

[10] Özgüven, A. Çandır, İ. & Gündüz, L. (2012). Tokat-Reşadiye Bentonitinin Genleşmiş Kil Agregası Olarak Değerlendirilmesi, *15.Ulusal Kil Sempozyumu*, Niğde, S. 110-120.

[11] İpekoğlu, B. Kursun İ. Bilge, Y. & Barut A. (1997). *Türkiye bentonit potansiyeline genel bir bakış* 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 16-17 Ekim İzmir Türkiye.

[12] Günay, Y. Değirmenci, S. Şirin B & Akarlar, N. (2001). Türkiye'de döküm bentonitinin 2000'lerde iyileştirilmesi. *Metalurji Dergisi* 126, 13–19.

[13] Pavlov, V.F. (1960). The effect of viscosity changes in the 800-1200° range on the vitrification and bloating of low refractory clays. *Glass and Ceramics*, 17(3), 133-137.

[14] Özgüven, A. Çandır, İ. & Gündüz, L. (2013). *Ankara-Kalecik kilinin genleşmiş kil agregası üretiminde kullanımı*. 23. Uluslararası Madencilik Kongresi, Antalya, Türkiye, S. 1005-1015.

[15] ASTM C 837: 2009 Standard Test Method for Methylene Blue Index of Clay

[16] ASTM D5890-95 Standard Test Method for Swell Index of Clay Mineral Component of Geosynthetic Clay Liners

[17] Boylu, F. (2013). Modelling and optimisation of ageing characteristics of soda activated Na-bentonites. *Appl. Clay Sci.* 83(84), 300-307, 2013. https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.08.024

[18] Carmo, A.L.V. Angélic, R.S. & Paz, S.P.A. (2021). Ageing characteristics related to cation exchange and interlayer spacing of some Brazilian bentonites. *Heliyon*, 7(2), https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021. e06192

[19] Karagüzel, C. Çetinel, T. Boylu, F. Çinku F. & Çelik, M. S. (2010). Activation of (Na, Ca)-bentonites with soda and MgO and their utilization as drilling mud. *Applied Clay Science* 48, 398–404.

[20] Acar, İ. Doğan, E. Urhan, F. & Ak, A. Ö. (2020). İki farklı polimerin sondaj çamuru özellikleri üzerine etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 20, 479-484.

Örme Tekstil Yüzeylerinin Boncuklanma Performansına Etki Eden Kumaş Parametrelerinin İncelenmesi

Devrim DEMİRAY SOYASLAN[1]

Giriş

Boncuklanma; tekstil yüzeyine bir veya daha fazla sayıda lif ile tutunan lif topçuklarının yüzeyde estetik açıdan kötü görüntüye sebep olarak tekstil yüzeyinin kullanım ömrünü azaltan tekstil yüzeyi kusuru olarak tanımlanabilir.

Boncuklanma mekanizması, yüzeyde hav oluşumu, boncuk oluşumu ve boncuğun uzaklaşması aşamalarından oluşmaktadır.

Boncuklanmaya sebep olan asıl oluşum yüzeydeki boncuklar ve bunların yoğunluğudur. Bazı kumaşlarda lif tipine ve lif özelliklerine bağlı olarak boncuklar kısa sürede koparak yüzeyden ayrılırken bazılarında ise çok uzun süre yüzeyde kalabilmektedir. Sonuç olarak yüzeyde ne kadar çok boncuk varsa yüzey o kadar rahatsız edici görünecektir. Hatta boncuk oluşumu sırasında kumaş yüzeyinde bulunmayan dışarıdan boncuğa katılan yabancı lifler de olabilmekte ve bunlar yüzeyde, kumaş yüzeyinden farklı renkte topçuklar, boncuklar oluşturabilmektedir. Bu da, yüzeyin daha kirli ve kullanılmış bir görünüme sahip olmasına neden olmaktadır.

Yapılan çok sayıda çalışma incelendiğinde, kumaşlarda boncuklanmaya neden olan parametrelerin; lif, iplik ve kumaş parametleri olarak üç ana başlık altında sınıflandırıldığı görülmektedir.

Bu çalışmada, tekstil yüzeylerinde boncuklanmaya sebep olan kumaş parametreleri üzerinde durulacaktır.

Kumaş Parametreleri

Kumaş Sıklığı

Tekstil yüzeylerinde boncuklanmayı etkileyen parametreler incelenirken ilk bakılması gereken özellik, kumaşın hangi yüzey oluşturma tekniği ile üretildiğidir. Temelde üç çeşit yüzey oluşturma tekniği bulunmaktadır. Bu teknikler kullanılarak oluşturulan kumaşlar, dokuma, örme ve non-woven kumaşlar olmak üzere üç kategoride incelenmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda boncuklanma problemi ile en sık karşılaşılan kumaş türünün örme kumaşlar olduğu belirtilmektedir. Örme kumaşlar, dokuma kumaşlara nazaran daha boşluklu bir yapıya sahiptir ve bu da liflerin yüzeye göçünü kolaylaştırmaktadır (Kahraman, 2006).

Genel olarak kumaşlarda sıklığın arttırılması, kumaşta daha sıkı bir yapının oluşmasına neden olup, lif-lif sürtünmesini artırarak lif hareketlerini kısıtlamakta ve boncuklanma eğiliminin düşmesine neden olmaktadır.

[1] Doç. Dr. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye, ORCID ID: 0000-0002-5145-8551

20/80 Nylon/Yün karışımı dokuma kumaşlarda yapılan bir çalışmada atkı/çözgü sıklığının artırılmasının boncuklanmaya çok az bir etkisinin olduğu ancak sıklığın % 30 gibi çok büyük bir oranda arttırılması durumunda ise boncuklanmanın azaldığı belirtilmiştir (Baird vd., 1956; Okur, 1994).

İki farklı numara ile üç farklı sıklık değerlerinde örülen pamuklu düz örme kumaşların Zweigle ICI Pilling cihazı kullanarak boncuklanma eğilimleri incelenmiş ve sıklık arttıkça boncuklanma eğiliminin azaldığı belirtilmiştir (Bayazıt, 1997).

Kumaş Gramajı

Yapılan pek çok araştırmada kumaş gramajı olarak tabir edilen, birim alandaki ağrılık arttıkça boncuklanma eğiliminin azaldığı görülmüştür (Sridharan, 1982). Hatta bu durum, örme kumaşlarda daha da belirgin olmaktadır (Anon., 1972).

Ancak kumaş gramajının yanı sıra ilmek sıklığı ve liif karışımı da boncuklanma performasının belirlenmesinde önemli parametrelerdir. Yapılan bir başka çalışmada yün/akrilik ve angora/nylon karışımı kumaşların daha düşük gramaj değerlerine sahip olmalarına rağmen % 100 yün kumaşlardan daha az boncuklandığı sonucuna varılmıştır (Candan, 2000).

Kumaş Konstrüksüyonu

Boncuklanmayı etkileyen bir diğer parametre de örgü türüdür.

Aynı sıklıktaki çift kat örgülerin boncuklanma eğiliminin, tek kat örgülerden daha fazla olduğu belirtilmektedir.

Boncuklanmaya karşı en dayanıklı yapılar punto-di roma yapılar olup, örgü kalınlığındaki azalma boncuklanmayı yavaşlatmaktadır. Ayrıca, yapısında askı bulunan single-pike yapısı boncuklanmaya daha dayanıklıdır (Bayazıt, 1997; Hunter, 1978). Kumaşlarda atlama uzunlukları arttıkça, boncuklanma eğiliminin de artması beklenebilir (Okur, 1994).

Diğer Parametreler

Yıkamanın Etkisi

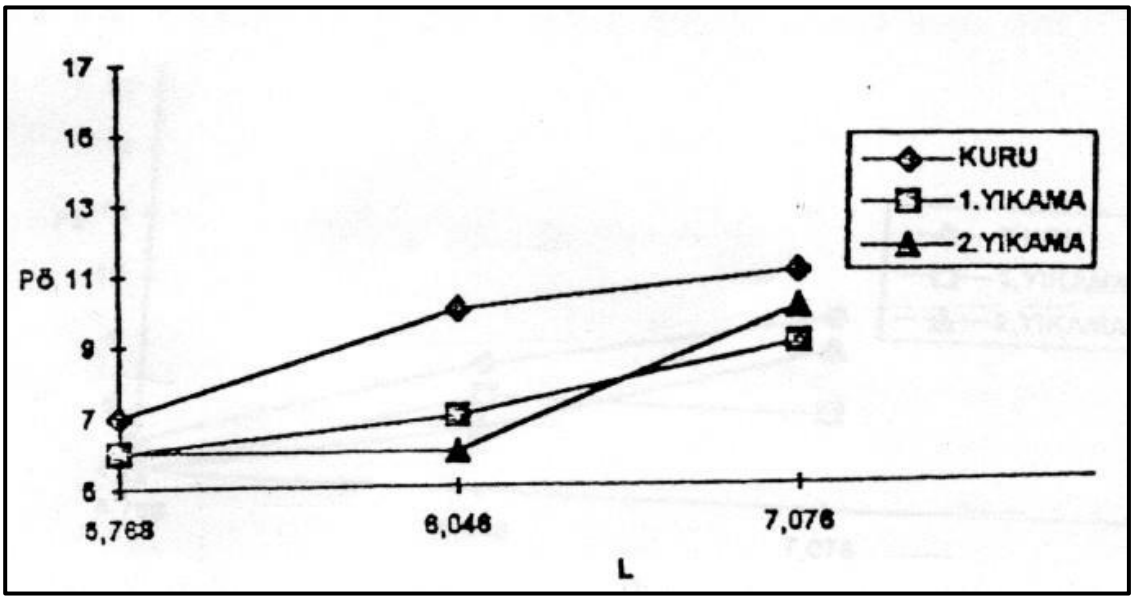
Yıkamanın boncuklanma üzerinde olumsuz etkisi olduğu, birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir. Yıkamanın örme kumaşların boncuklanma özelliğine etkisinin incelendiği bir çalışmada, kumaşlar 12 kez yıkanmış ayrıca her yıkama öncesi ve sonrası ölçümler yapılmıştır. Denemeler sonucunda yıkama ile hav yoğunluğunun arttığı ve yıkamanın boncuklanmayı hızlandırdığı sonucunda varılmıştır (Cooke, 1983; Cooke, 1985).

Relaksasyonun Etkisi

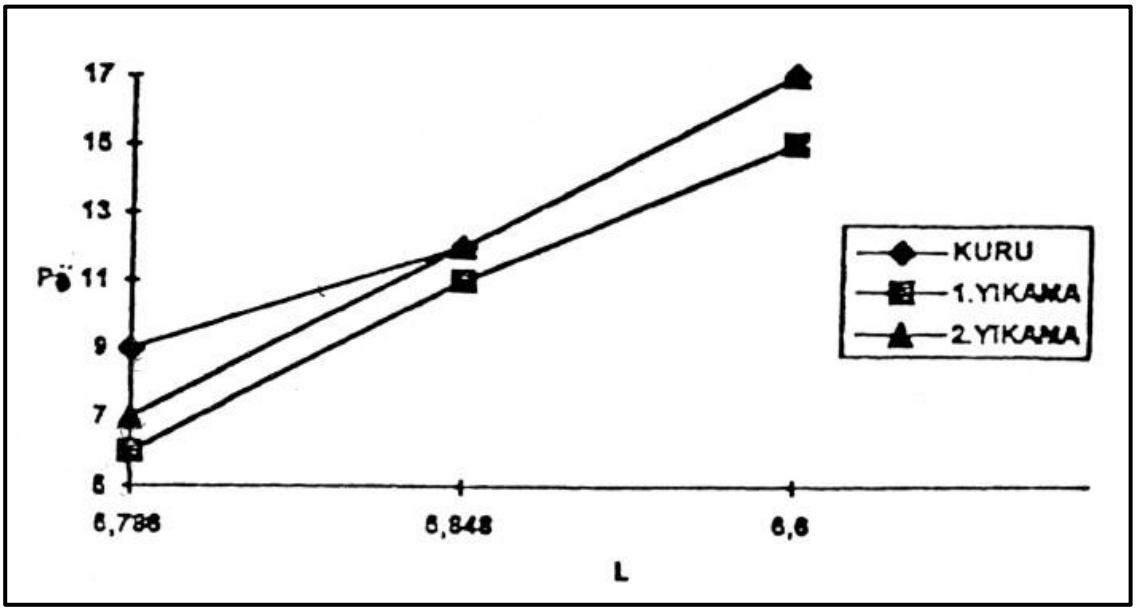
Pamuklu düz örme kumaşlar kullanılarak hazırlanan numunelere önce kuru relaksasyon uygulanarak; örme makinasından alınan numuneler düz ve pürüzsüz bir yüzey üzerinde bir hafta bekletildikten sonra ölçümler yapılmıştır. Sonrasında bu numuneler otomatik çamaşır makinesinde yıkanıp, düz bir yüzey üzerinde bir hafta bekletildikten sonra ölçümleri yapılıp tekrar ikinci yıkamaya tabi tutulmuş ve ölçümler tekrarlanmıştır. Sonuç olarak relaksasyonun boncuklanma üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır (Bayazıt, 1997).

Ancak ikinci yıkama sonrasında boncuk sayısının birinci yıkamaya göre azaldığı ve bu durumun kumaşların yıkama aşamasında yapılan deneysel bir hatadan kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Aşağıdaki Şekil 1 ve Şekil 2'de bu çalışmanın sonucunu görülmektedir.



Şekil 1. Ne 16/2 numaralı pamuk ipliğinden örülen numunelerin relaksasyon durmalarına göre boncuklanma eğilimleri (Bayazıt, 1997)



Şekil 2. Ne 20/2 numaralı pamuk ipliğinden örülen numunelerin relaksasyon durmalarına göre boncuklanma eğilimleri (Bayazıt, 1997)

Test Cihazlarının Etkisi

Boncuklanma performansının değerlendirilmesinde I.C.I., R.T.P.T. ve Martin Dale test cihazları kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar, boncuklanma performansına, testin yapıldığı test cihazının da etkisinin olduğunu göstermektedir.

I.C.I., R.T.P.T. ve Martin Dale ile yapılan test sonuçlarının karşılaştırılmasında; daha önce I.C.I. ile test edilmiş ve derecesi 4-5 arası (iyi) bulunan bir kumaşın belirli bir yıkama ve giyim sürecinden sonra giysinin bütün temas noktalarında yoğun bir şekilde boncuk oluştuğu ve giysinin kullanılamaz hale geldiği görülmüştür. Tekrar bu kumaşı kullanarak I.C.I. 'ın güvenilirliliğini tespit etmeye çalışılmış ve gerçekte giysinin kullanılamaz hale kadar geldiği durum için 2 saat değil, 12

saatin yeterli olduğu belirlenmiştir. Bu da göstermiştir ki, I.C.I. için kullanılan 2 saatlik standart test süresi kumaşların önceden pilling tahminlerinin yapılabilmesi için yeterli bir süre değildir. İkinci testlerini R.T.P.T. ile pamuk linteri kullanmadan yapılmış ve 40 dakika gibi bir sürenin kumaşın pillingleşme eğiliminin tahmin edilebilmesi için yeterli olduğu belirleniştir. Martin Dale cihazı ile yapılan üçüncü testlerde de, test edilen örgü kumaşın pillinglenmeye çok eğilimli olduğu ortaya konmuştur (Cooke & Göksoy, 1998).

Test cihazı olarak I.C.I. veya R.T.P.T. kullanıldığında numunenin hareketi farklı farklı olmaktadır. I.C.I.'da kutu içinde meydana gelen hareketler numunelerin bölgesel vurma ve çarpmaya veya birbiri ile çarpışması esasına dayanmaktadır. R.T.P.T.'de ise numuneler tambur içinde serbest halde bulunmakta dolayısıyla da ya birbirlerine veya mantar kaplamaya sürtünmektedirler. Böylece R.T.P.T.'deki hareketler pilling oluşturmaya daha yatkın olup R.T.P.T.'de elde edilen sonuçlar, giysilerin normal kullanım esnasında oluşabilecek görüntülere daha yakın olmaktadır (Cooke & Göksoy, 1998).

R.T.P.T. ve Martin Dale cihazlarının, giysinin giyim sırasındaki pillinglenmesi hususunda güvenilir bilgiler elde edilmekte buna karşın I.C.I. sallama metodunun yanlış ve yanıltıcı sonuçlar vermektedir (Cooke & Göksoy, 1998).

Test cihazları ve standartları ile ilgili olarak, numune yüzeyinde oluşan boncuk sayısı ve büyüklüklerinin test süresine bağlı olduğu değişebildiği belirtilmektedir. Bu sebeple boncuklanma tahminlerinin doğru yapılabilmesi için mutlaka farklı test sürelerinin denenmesi gerektiği ve bunların giyim denemeleri ile de desteklenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Okur, 1994).

Bu konu ile ilgili yapılan bir başka çalışmada terylen/yün karışımı kumaş ICI Pilling Box cihazı ile 5 saatlik standart bir sürede boncuklandırılmış ve sonuç olarak kumaşın boncuklanmadığı tespit edilmiştir. Fakat gerçekte ise bu kumaştan yapılan erkek çocuk pantolonları birkaç hafta giyildikten sonra boncuklanmıştır. Bunun sebep olarak dinkleme işlemi sırasında yün liflerinin kumaş yüzeyine hareket ederek koruyucu bir yüzey oluşturması belirtilmiştir. Deney sırasında uygulanan sürtme küçük olduğu için koruyucu yün lifleri kopup uzaklaşmamıştır. Oysa kullanım sırasında çok daha ağır bir sürtme gerçekleşerek alttaki terylen liflerinin açığa çıkıp boncuk oluşturmasına neden olduğu belirtilmiştir (Mims, 1957).

Karışım oranları farklı olan benzer yapısal özelliklere sahip ve benzer bitim işlemleri uygulanmış 6 tip yün/terylen karışımı kumaş Martin Dale yöntemi ile 10 farklı sürtme adedi uygulanarak test edilmiştir. Buna göre test esnasında, boncuk sayısı belirli bir maksimum değere kadar yükselmekte, daha sonra ise boncuklar koparak uzaklaşmaktadır. Bu durumun, artık kumaştan boncuk oluşumu için lif çıkmayana kadar (30.000 sürtme) devam ettiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, boncuk oluşumu ve boncuğun kopup uzaklaşma işlemlerinin farklı kumaşlarda farklı hızlarda gerçekleştiği görülmektedir. Örnek olarak; 1000 sürtmede en fazla boncuklanan kumaşın % 100 yün, en az boncuklanan kumaşın ise 60/40 Terylene/yün karışımı olduğu tespit edilirken, 6000 sürtmede durum tamamen değişmiş, en fazla % 100 terylen kumaşta boncuklanma olduğu, % 100 yün kumaşta ise hiç boncuk gözlenemediği tespit edilmiştir (Nielsen & ark., 1957).

Bitim ve Apre İşlemlerinin Boncuklanmaya Etkisi

Bitim ve apre işlemleri esnasında uygulanılan bir takım kimyasal maddeler kumaşların boncuklanma performansını iyi veya kötü yönde etkileyebilmektedir. Bu konu ile ilgili yapılan araştırmalar şunlardır.

Çekmezlik apresi uygulanan kumaşlarda, lifler üzerindeki yönlü sürtünme kuvvetleri yok edilmekte ve böylece lif hareketleri engellenerek kumaşların boncuklanma performansları artırılmaktadır (Whewell, 1950).

Polyester, poliamid veya bu liflerin karışımlarından oluşan kumaşlara iyi bir boyutsal stabilite elde etmek amacıyla uygulanan termofiksaj işlemi boncuklanmayı azaltmaktadır (Anon, 1973).

Buruşmazlık, kolay bakım gibi işlemler uygulanırken reçine kullanıldığı için iplik içindeki lifler daha iyi yapışmakta, hareketsiz kalmakta ve bunun sonucu olarak da boncuklanma eğilimlerinde azalma görülmektedir (Okur, 1994).

Yapılan araştırmalarda varılan bir diğer sonuç da, yumuşatıcı ve kayganlaştırıcı özellik veren maddelerin kullanımında, lif-lif sürtünmesi ortadan kalktığı için boncuklanma eğiliminin arttığı yönündedir.

Sonuç

Bu çalışma kapsamında, örme kumaşlarda boncuklanma performansını etkileyen kumaş parametreleri incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Boncuklanma, özellikte son kullanımda kullanıcıları görsel olarak rahatsız eden bir yüzey hatasıdır. Görünümde giysi yüzeyinde küçük topçuklar olarak belirirler. Bu topçuklara literatürde boncuk adı verilmektedir.

Boncuklanma mekanizması, yüzeyde hav oluşumu, boncuk oluşumu ve boncuğun uzaklaşması aşamalarından oluşmaktadır.

Bazı kumaşlarda lif tipine ve lif özelliklerine bağlı olarak boncuklar kısa sürede koparak yüzeyden ayrılırken bazılarında ise çok uzun süre yüzeyde kalabilmektedir.

Kumaşların ve giysilerin boncuklanma performanslarına etki eden parametreler temelde lif, iplik ve kumaş parametreleri olmak üzere üç başlık altında incelenmektedir. Bu parametrelerden üçüncüsü olan kumaş parametreleri ise; kumaş sıklığı, kumaş gramajı ve kumaş konstrüksüyon alt parametrelerinden oluşmaktadır.

Bu parametrelerden kumaş sıklığının etkisi incelendiğinde, sıklığın arttırılması ile birlikte, kumaşta daha sıkı bir yapı oluşmakta ve bu da lif-lif sürtünmesini artırarak lif hareketlerini kısıtlamakta ve sonuç olarak boncuklanma eğilimi düşmektedir.

Kumaş gramajının boncuklanmaya olan etkisi ise, birim alandaki ağrılık arttıkça, yani gramaj arttıkça boncuklanma eğilimi azalmaktadır.

Kumaş konstrüksüyonunun etkisi ile ilgili olarak ise tam net bir yargıya varılamamakla birlikte boncuklanmaya karşı en dayanıklı yapıların punto-di roma yapılar olduğu, örgü kalınlığındaki azalmanın boncuklanmayı yavaşlattığı belirtilmiştir.

Kumaşlara uygulanan yıkama, bitim ve apre gibi işlemlerin de boncuklanma performansına etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bunlardan yıkamanın boncuklanmayı hızlandırdığı sonucuna varılmıştır.

Çekmezlik apresinin lif hareketlerini engelleyerek kumaşların boncuklanma performanslarını artırdığı aynı şekilde buruşmazlık, kolay bakım gibi işlemlerde kullanılan reçinenin iplik içindeki lifleri daha iyi yapıştırdığı bundan dolayı da boncuklanma performansını artırdığı belirtilmiştir.

Yapılan çalışmalar, boncuklanma performansına, testin yapıldığı test cihazının da etkisinin olduğunu göstermektedir.

Kaynakça

Anon. (1972). Wool Science Review(43), 26-32.

Baird, M. E., Hatfield, P., & Morris, G. J. (1956). A Study of Nylon and Nylon Blended Fabrics. *The Journal of The Textile Institute*., 47(4), T181-T201. doi:https://doi.org/10.1080/19447027.1956.10750392

Bayazıt, A. (1997). Pamuklu düz örme kumaşların boncuklanma eğilimleri üzerine bir araştırma. *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi,* (4-1997), 223-228.

Candan, C. (2000). Yünlü Örme Kumaşlarda Boncuklanmaya Tesir Eden Faktörler. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences,* 24(1), 35-44.

Cooke, W. D. (1983). The Influence of Fibre Fatigue on the Pilling Cycle, Part II, Pill Growth. *J. Textile Inst.* (74), 101-108.

Cooke, W. D. (1985). Pilling attrition and fatigue. *Textile Research Journal,* 76, 409.

Cooke, W. D., & Göksoy, M. (1998). Kumaşların pilling tutumunun laboratuvar testeri yardımıyla önceden belierlenmesi. *Tekstil Maraton*, (2), 62-66.

Hunter, J. (1978). Can the pillint behavior of polyester fabrics be controlled in finishing. *Textile Prax. Int.,* (33), 832.

Mims, N. M. (1957). Pill testing. *Journal of the Textile Institute Transsactions,* 48(9), 375-376. doi:10.1080/19447025708660096

Nielsen, I. U., Onions, W. J., & Whewell, C. S. (1957). Piling of woll/terylene blended fabrics. *Journal Textile Institute Transsactions,* 48(9). doi:10.1080/19447025708660095

Okur, A. (1994). Kumaşlarda Boncuklanma: Oluşumu, Etkileyen Faktörler ve Test Yöntemleri. *Tekstil ve Mühendis,* 8(46), 10-18.

Sridharan, V. (1982). Ways To Eliminate Pilling,. *Man-Made Textile*, (475), 445-447.

Whewell, C. S. (1950). Some observations on the finishing of fabrics containing wool and other fibres. *Journal of the Textile Institute Proceedings,* 41(5), 219-230. doi:10.1080/19447015008664838

Hplc-Ms/Ms İle Piyasada Satılan Bazı Enerji İçeceklerinin İçeriğinde Bulunan Kafein Ve Taurin Miktarlarının Belirlenmesine Yönelik Metot Geliştirilmesi

Ayşegül TÜRKER[1]
Taner ERKAYMAZ[2]
A. Hakan AKTAŞ[3]

Giriş

1949 yılında Amerikalı bilim adamı Dr. Enuf tarafından, şeker ve vitamin ilavesi ile şekerli sodalara alternatif olarak enerji içecekleri üretilmiştir. Asya ve Avrupa'da kullanılmaya başlanması 1960 yılındadır. Dünya'da aktif olarak kullanımı 1980'li yıllarda başlamasına rağmen ülkemizde piyasaya çıkışı 1990'lı yıllardadır. Günümüz Türkiye'sinde piyasada yaklaşık 25 farklı marka enerji içeceği satılmakta bunun yanı sıra küçük partiler halinde de daha birçok markanın olduğu göz önüne alındığında, piyasada satışı yapılan toplam marka sayısının 40 civarında olduğu bildirilmektedir (Dikici &ark., 2012).

İçeriğinde bulunan uyarıcı maddeler sebebiyle genellikle keyif almak, fiziksel, mental ve bilişsel performansı artırmak için enerji içecekleri kullanılır. Enerji içeceklerini en çok tüketenler; gününü öğrenciler, gençler, sporcular vb. gibi aktif olarak yaşamaya çalışan insanlardır (İşçioğlu & ark., 2010).

Türk Gıda Kodeksi (TGK); ülkemizde satışı yapılacak gıda ürünlerine ilişkin standartları belirleyen kurumdur. TGK Enerji İçecekleri Tebliği'nde enerji içeceklerini, "kafein içeren, taurin, glukoronolakton, inositol, karbonhidrat, aminoasitler, vitaminler, mineraller ve diğer gıda bileşenlerini içerebilen, aromalandırılmış alkolsüz içecek" olarak tanımlamaktadır. TGK'nin bu tebliğinde enerji içeceğinin bileşiminde bulunması gereken kafein miktarı 150 mg/L'den, inositol miktarı 100 mg/L'den, glukoronolakton miktarı 20 mg/L'den, taurin miktarı 800 mg/L 'den fazla olamayacağı şeklinde miktarları kesin olarak belirlenmiştir (Resmî gazete, sayı 30110). İçeriğinde kafein, taurin, inositol, L-karnitin gibi çeşitli bileşenler bulunduran enerji içecekleri satılmaktadır. Bu içecekler, çeşitli kombinasyonları bünyesinde barındırdıkları ve kalori bakımından zengin oldukları için enerji içeceği olarak tanımlanırlar (Varım & ark., 2015). Piyasadaki mevcut enerji içeceklerinin birçoğunda ortak olarak bulunan kafein ve taurin bileşikleri için TGK Enerji İçecekleri Tebliği'ne uygunluğunun araştırılması amacıyla uluslararası standartlara uygun bir analiz tespit yöntemi geliştirilmesi çalışması yapıldı.

Çalışmanın amacı; piyasada var olan farklı markalara ait enerji içeceklerinin etiketlerinde belirtilen kafein ve taurin miktarlarının uygunluğunun kontrolü amacıyla tespitine yönelik metot geliştirme ve validasyonunun yapılmasıdır.

[1] Yüksek Lisans Öğrencisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, ayseguluturkr@gmail.com
[2] Öğretim Görevlisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, tanererkaymaz@hotmail.com
[3] Prof. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, hakanaktas@sdu.edu.tr

Enerji içeceklerinin içeriğinde bulunan kafein önemli bir psikoaktif maddedir ve enerji içeceklerinde bulunan miktarı değişiklik gösterebilmektedir. Ayrıca enerji içeceklerinin içeriğine, genellikle enerji ve zihinsel performansın arttırılması amacı ile guarana, ginseng, ginkgobiloba, L-karnitin, milk thistle (silybum marianum, deve dikeni), B vitaminleri, taurin ve diğer maddelerde dâhil olmak üzere pek çok madde eklenebilmektedir (Peker, 2021).

Enerji İçeceklerinin İçeriğindeki Bazı Bileşenler ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

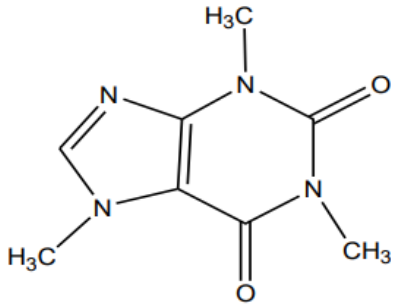
Kafeinin Kimyasal Özellikleri

Kafein, Friedrich Ferdinand Runge adlı Alman bir kimyager tarafından 1819 tarihinde keşfedilmiştir. Kahve, çay, kakao gibi yaprak veya meyve halindeki besinlerde doğal halde bulunan uyarıcı etkilere sahip ergojenik bir bileşendir. Enerji içeceklerine ve kola gibi hazır içeceklere de uyarıcı olarak sonradan ilave edilir. Kafeinin emilimi vücutta büyük oranda ince bağırsaklarda gerçekleşir. Merkezi sinir sistemi üzerinde uyarıcı etkileri olan bir maddedir (Akkuş, 2019).

Suda bir miktar çözünmesinin yanı sıra diklorometan, kloroform gibi organik çözücülerde oldukça iyi çözünür. Kafeinin kimyasal özellikleri; kaynama noktası 178 ^{o}C, erime noktası 238 ^{o}C, yoğunluğu 1,2 g/cm^{3}, uçuculuğu %0,5'dir. Buhar basıncı 101 kPa, pH'ı 6,9 (%1'lik çözeltisinin), sudaki çözünürlüğü % 2,17'dir. Buhar yoğunluğu 6,7 g/m^{3} ve moleküler ağırlık 194,19 g/mol'dür (Yiğit, 2016).

Kimyasal formülü $C_8H_{10}N_4O_2$ olan kafein, tıbbi olarak trimetilksantin olarak adlandırılır. Saf haldeyken toz şeklinde ve çok acı tatta beyaz kristallerden oluşur. Kafein, kardiak uyarıcı olarak tıbbi açıdan faydalı bir bileşendir. Ayrıca iyi bir uyarıcı ve diüretiktir. Ancak kafein bağımlılık yapar. Amfetamin, kokain ve eroine kıyasla çok daha az zararlı olmasına rağmen bu maddeler ile aynı yoldan beyne etki etmektedir (Nawrot & ark., 2003).

Kafein, pürin sınıfı alkaloidler grubunun en önemli üyesidir. Doğal olarak kahve ve çay gibi ürünlerde; yapay olarak da kola ve enerji içeceği gibi ürünlerde bulunmaktadır. Beyin ve sinir sistemi üzerinde hızlandırıcı bir etkiye sahip olan kafein, doğal bir uyarıcı kimyasal bileşendir. Nöronların uyarılma eşiğini düşürür, böylelikle sinirsel uyarılmayı arttırır. Kafein bileşiği ilaç formunda ise astım, burun tıkanıklığı, baş ağrısı gibi rahatsızlıkların tedavisinde, atletik dayanıklılığı artırmada ve kilo vermede kullanılmaktadır (Harpaz & ark., 2016).



Şekil 1. Kafein molekülünün kimyasal yapısı

Kafeinin Enerji İçeceklerindeki Rolü

Kafein, enerji içeceklerinin asıl etken maddesidir. TGK-Enerji İçecekleri Tebliği'ne göre enerji içeceklerinde bulunan kafein miktarı üst limiti 150 mg/L'dir.

Bazı çalışmalarda enerji içecekleri ile ilgili olarak performansa direkt etki eden bileşen kombinasyonun kafein, taurin ve glukoronolakton kombinasyonu olduğu düşünülür. Bu

kombinasyonun vücut üzerine etkilerini araştıran uzun süreli bir çalışma yapılmamıştır. Söz konusu olan enerji içecekleri ile ilgili en önemli etki ve yan etkinin kaynağı kafein olarak kabul edilmektedir. Ancak farklı araştırmalarda enerji içeceği bileşenleri arasında sinerjik bir etkileşim olduğu incelenmiş ve enerji içeceğinin sağlamış olduğu performansın kafein içeriğinin tek başına sağlayabileceği etkin performanstan daha fazla olduğu fikri ortaya atılmıştır (Reissig, Strain & Griffiths, 2008).

Kafeinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

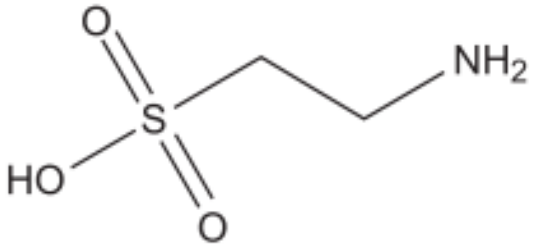
Termojenik özellik taşıyan kafein, yağ tüketimini artırır ve iştahı azaltır. Kafeinin yüksek dozda alımı; huzursuzluk, sinirlilik, baş ağrısı, öfori, uykusuzluk, yüzde kızarma, idrara çıkmada artış, gastrointestinal rahatsızlıklar, kas kitle kaybı, konuşma akıcılığında azalma, hızlı ve düzensiz kalp atımı, uyum bozukluğu, halüsinasyon ve psikoz gibi birçok rahatsızlığa neden olabileceği gözlemlenmiştir. Kafeinin günde alt limit olarak 400 mg'dan az tüketimi sağlıklı yetişkin bireylerde yan etkiye neden olmamakla birlikte, günde üst limit olarak 400 mg'dan fazla tüketimi durumunda yukarıda belirtilen yan etkiler ortaya çıkabilme ihtimali vardır. Risk grupları içerisinde yer alan doğurganlık çağındaki kadınlar ve çocuklarda uygun kullanım miktarı ≤300 mg veya ≤2,5 mg/kg aralığında belirlenmiştir. Kafein, metabolizma hızını artırır. Metabolik hız ile biyolojik enerji kullanımı ve şişmanlık arasında bir ilişki vardır. Dolayısıyla düzenli kafein alımında, kafein yağ tüketimini hızlandıracağı için vücut ağırlığında düşme meydana gelir. Sigara kullanımı kafein metabolizmasını artırırken, oral kontraseptifler, simetidin, norfloksasin ve alkol kafein metabolizmasını inhibe eder (Nawrot & ark., 2003).

Taurinin Kimyasal Özellikleri

Taurin veya diğer adı ile 2-aminoetan sülfonik asit, tiyol grubu içeren bir aminoasittir. Kimyasal formülü $C_2H_7NO_3S$'dir. Taurin ilk kez, 1827 yılında Fredrich Tiedeamann ve Leopold Gmelin tarafından sığır (Bos taurus) safrasından izole edilerek bulunmuştur (Manarga, Karataş & Tokat, 2020).

Bir β aminoasit olan taurin bileşiğindeki amino grubu, taurinin β karbonunda yer alır. Taurin bileşiği içerdiği sülfonat grubu nedeniyle güçlü asidik özelliğe sahiptir (Çetin, 2021).

Nötral bir molekül olan taurin hem pozitif hem de negatif yük içerir. Taurinin zwitter iyon formu, bileşiğe suda yüksek çözünürlük ancak düşük lipofilik özellik sağlamasından dolayı taurin bileşiğinin lipofilik membranlardan difüzyonu yavaş gerçekleşir (Akalp, 2020).



Şekil 2. Taurin molekülünün kimyasal yapısı.

Enerji içeceklerinde Kullanımı

Enerji içecekleri içerik olarak; farklı miktarlarda kafein, glukorolakton, taurin, ginseng, inositol, guarana, karnitin ve B vitamini komplekslerini bünyelerinde barındırırlar. Enerji içeceklerinin meydana getirdikleri etkiler içeriklerine bağlıdır. Ergojenik faydaları bulunduğu iddia

edilen ve içeriğinde sülfür barındıran bir aminoasit olan taurin, enerji içeceklerinde ve gıda takviye ürünlerinde yaygın kullanıma sahiptir. [11]

TGK Enerji İçecekleri Tebliğinde enerji içeceklerinde bulunan taurin miktarı üst limit 800 mg/L olarak sınırlandırılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri Sağlık Bakanlığı (FDA) taurinin gıda takviyesi olarak günlük kullanımda üst limiti 3 g olarak güvenli kabul etmektedir. Bir enerji içeceği bir porsiyonda 1 g taurin içermektedir. Enerji içeceklerindeki günlük ortalama taurin konsantrasyonu 3,2 g'dır [4].

Enerji İçeceklerindeki Taurinin İnsan Vücudu Üzerine Etkileri

İnsan üzerinde yapılan çalışmalarda, yiyeceklerle vücuda alınan taurinin kolayca absorbe edilip, bir saat kadar bir süre içinde pik plazma seviyesine ulaştığı gözlemlenmiştir [8]. Taurin esasen sülfat konjugasyona uğrayıp safra yolu ile atılır. Ancak taurin aşırı tüketildiği takdirde metabolizmada absorbe edilmeden doğrudan idrarla vücuttan atılmaktadır. Taurin antioksidan ve antiinflamatuvar etkiye sahiptir. Kan basıncını düzenlenmesinde rol alır. Bu sebepten dolayı taurinin, koroner kalp hastalığına karşı koruyucu bir etkisi olabileceği düşünülmektedir [12].

Yapılan bir çalışmada tipik bir enerji içeceğinde 1000 mg taurin ve 80 mg kafein bulunduğu göz önüne alındığında eşdeğer doz olarak sadece kafein içeren solüsyonun 24 saatlik bir zaman diliminde ve gündüz kan basıncını artırdığı görülmüştür. Bunun neticesinde sağlıklı genç erişkinlerde kafein, taurin ve glukoronolakton ikombinasyonunun tüketimi arteriyel kan basıncını ve platelet agregasyonunu artırırken, endotel fonksiyonu azalttığı gözlemlenmiştir [12].

Piyasadaki çeşitli marka enerji içeceklerinin içerdiği kafein ve taurin miktarları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Piyasada satılan çeşitli markalara ait enerji içeceklerinin kafein ve taurin etiket içerikleri

Enerji İçeceği Markası	**Kafein (mg/L)**	**Taurin (mg/L)**
Red Bull (Original)	Max. 150	800
Red Bull (Sugar free)	Max. 150	800
Red Bull (The Blue Edition)	Max. 150	800
Red Bull (The Silver Edition)	Max. 150	800
Red Bull (The White Edition)	Max. 150	800
Red Bull (The Red Edition)	Max. 150	800
Red Bull (The Summer Edition)	Max. 150	800
Red Bull (The Yellow Edition)	Max. 150	800
RE-LOAD	Max. 150	800
Jack Wrestler	Max. 150	800
Black Bruin	Max. 150	800
Hot Line	Max. 150	800
X-IR	Max. 150	800
Monster Energy (The Doctor)	Max. 150	800
Monster Energy (Pipeline Punch)	Max. 150	800
Monster Energy (Mango loco)	Max. 150	750
Burn (Passion Punch)	Max. 150	750
Burn (Dark Energy)	Max. 150	750
Burn (Gold Spark)	Max. 150	710
Burn (Original)	Max. 150	600

Materyal ve yöntem

Malzemeler ve Standartlar

Kafein ve taurin analitik saflıkta standartları Sigma-Aldrich'den temin edilmiştir. Kafein ve taurin için 1000 mg/kg konsantrasyonda bireysel ana stok çözeltileri hazırlandı. 10 mL A class balon joje içerisine referans standart 250 mg kafein ve taurin kimyasallarından 10'ar mg tartıldı ve saf su ile 10 mL'ye tamamlayarak çözüldü. Elde edilen kafein ve taurin ana stok çözeltilerinin derişimi 1000 mg/L 'dir.

Kullanılan kimyasallar Çizelge 2 'de verilmiştir.

Çizelge 2. Çalışmada Kullanılan Kimyasalların Özellikleri

Kimyasal Adı	**CAS No**	**Mlz. Markası**	**Saflık**
Taurin Standart Maddesi	107-35-7	Sigma-Aldrich	99.5%
Kafein Standart Maddesi	58-08-2	Sigma-Aldrich	99%
Asetonitril	961.024.2501	Isolab	Kromotografik Saflıkta
Asetik Asit	TK.201791.05001	Tekkim	Ekstra Pure
Diklorometan	914.013.2501	Isolab	99.5%
Formik Asit	923.022.2500	Isolab	99.5%
Metanol	34885	Sıgma	HPLC Grade
Toluen	TK.170590.05003	Tekkim	99.5%
Aseton	TK.010050.05001	Tekkim	Ekstra Pure

Yöntem

Hazırlanan çözeltiler buzdolabında (4 °C'de) saklandı. Günlük 0,5 mL çalışma solüsyonları stok standartlarının 0.5 mL mobil faz ile seyreltilmesi ile her bir bileşik için hazırlanmıştır.

LCMS/MS-MS cihazına infüzyon yöntemi ile verilerek iki bileşiğin tanıtılması için iyonlaşma sağlanabilmesi amacıyla mobil faz A çözeltisi ile karıştırıldı.

Piyasadaki çeşitli markalardaki enerji içeceklerinden saf su ile 10 kat seyreltme yapılarak 50 mL'lik 8 farklı numune hazırlandı.

Piyasa kontrolü yapılacak olan farklı marka enerji içeceklerinin etiketi üzerinde içerdiği belirtilmiş olan kafein ve taurin miktarları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. kafein ve taurin miktarları

Marka	**Kafein**	**Taurin**
A	150 mg/L	800 mg/L
B	150 mg/L	800 mg/L
C	150 mg/L	800 mg/L
D	150 mg/L	800 mg/L
E	150 mg/L	600 mg/L
F	150 mg/L	800 mg/L
G	150 mg/L	800 mg/L
H	150 mg/L	800 mg/L

UHPLC-MS/MS Cihazı parametreleri

Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) Parametreleri: Mobil Faz A'nın içeriği; 40 mM amonyum format ve %2 formik asitli su olup, Mobil Faz B'nin içeriği ise %2 formik asit içeren

asetonitrilden oluşmaktadır. Akış hızı 0,750 mL/dk'dır. Gradyan olarak Çizelge 4'te belirtildiği gibi kullanılmıştır. Kolon fırını sıcaklığı 30°C olacak şekilde ayarlanmıştır. Enjeksiyon hacmi 20 µl'dir.

Çizelge 4. Kafein ve taurin analizi için gradyan olarak uygulanan mobil faz şartları

Süre (dakika)	Mobil Faz A (%)	Mobil Faz B (%)
0	90,0	10,0
1	90,0	10,0
3	25,0	75,0
4	10,0	90,0
5	10,0	90,0
6	90,0	10,0

İyon kaynağı parametreleri Çizelge 5'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 5. İyon kaynağı parametreleri

Parametreler	Değerleri
İyon Kaynağı Türü	H-ESI
Püskürtme Voltajı	Statik
Pozitif İyon (V)	3500
Negatif İyon (V)	3500
Mevcut LC Akışı (µL/dk)	0
Kılıf Gazı (Arb)	50
Yardımcı Gaz (Arb)	20
Süpürme Gazı (Arb)	2
İyon Transfer Tüpü Sıcaklığı (°C)	270
Buharlaştırıcı Sıcaklığı (°C)	0
APPI Lambası	Kullanımda değil
FAIMS Modu	Yüklü değil

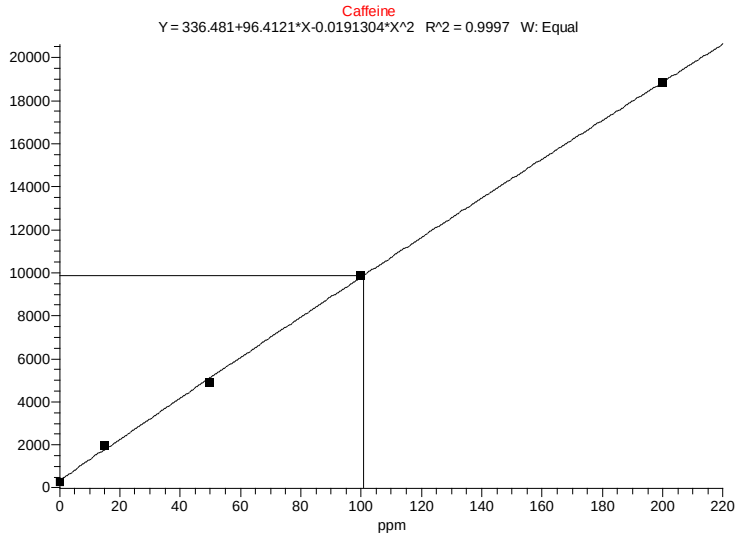
Kütle Geçiş Parametreleri

Yapılan çalışmanın sonucunda kafein bileşiğinin pozitif iyonlaşma yaptığı gözlemlendi. Kafein bileşiğinin molekül ağırlığı 194,19 g/mol aynı zamanda 194,19 daltondur. İyonlaşma sonrası elde edilen ana pik 195,1 dalton; elde edilen yavru pikler 133,1 dalton ve 151,1 dalton olarak elde edildi.

Yapılan çalışmanın sonucunda taurin bileşiğinin negatif iyonlaşmaya sahip olduğu gözlemlendi. Taurin bileşiğinin molekül ağırlığı 125,15 g/mol aynı zamanda 125,15 daltondur. İyonlaşma sonrası elde edilen ana pik 124,1 dalton; elde edilen yavru pikler ise 79,9 dalton, 107,0 dalton ve 80,9 dalton olarak tespit edildi.

Araştırma Sonuçları ve Bulgular

Kafein bileşiği için çizilmiş olan kalibrasyon eğrisi grafiği Şekil 3'te görülmektedir.



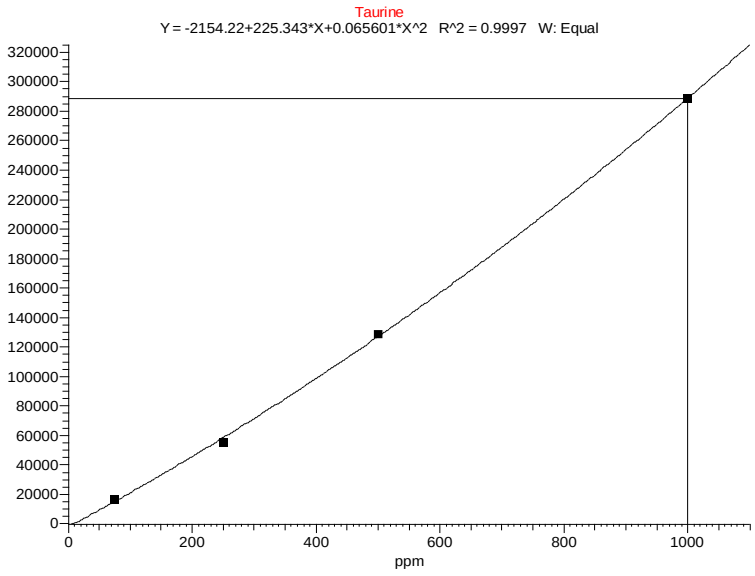
Şekil 3. Kafein için elde edilen kalibrasyon eğrisi grafiği

Piyasada mevcut farklı marka enerji içeceklerinin numunelerin analizi sonucu elde edilen sonuçlar Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Çalışılan numunelerde tespit edilen kafein miktarları

Numuneler	**Tespit edilen kafein miktarı (mg/kg)**
Numune1_A	70,504
Numune2_B	32,840
Numune3_C	71,158
Numune4_D	32,593
Numune5_E	77,331
Numune6_F	63,759
Numune7_G	60,585
Numune8_H	68,239

Taurin bileşiği için çizilmiş olan kalibrasyon eğrisi grafiği Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Taurin için elde edilen kalibrasyon eğrisi

Piyasada bulunan farklı marka enerji içeceklerinin numunelerin elde edilen sonuçlar Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Çalışılan numunelerin içeriğinde tespit edilen taurin miktarları

Numuneler	**Tespit Edilen Taurin Miktarı (mg/kg)**
Numune1_A	239,614
Numune2_B	658,554
Numune3_C	444,545
Numune4_D	281,856
Numune5_E	308,423
Numune6_F	228,098
Numune7_G	645,928
Numune8_H	333,893

Metot Validasyonu

Kalibrasyon ve Doğrusallık

Doğrusallık çalışması yapılabilmesi için 5 farklı derişim değeri belirlenip bu standartlar ile en az 2 tekrarlı çalışma yapıldı. Kafein için 0, 15, 50, 100 ve 200 mg/L ve Taurin için ise 0, 75, 250, 500 ve 1000 mg/L konsantrasyonda standart vialleri hazırlanarak cihaza verildi. Derişim ve cihaz sinyali arasındaki var olan ilişki incelenip doğrusallık, korelasyon katsayısı (r^2) ile gösterildi. Her iki bileşik için de r^2 değeri 0,9997 olarak tespit edildi Şekil 3, Şekil 4).

Taurin Bileşiği İçin Kalibrasyon ve Doğrusallık

Ölçüm limiti (LOQ) çalışmasında; Çizelge 8'de belirtilen derişimlerde, çözelti içerisinde tespiti mümkün seviyede analit içermeyen kör numunelere ayrı ayrı kirletme işlemi uygulandı. Her bir standart numune için bağımsız çalışması yapıldı. Derişimleri belirlenirken, seyreltme faktörü kullanılarak LOD ve LOQ hesaplamaları yapıldı.

Çizelge 8. LOD ve LOQ değerleri için yapılan geri kazanım çalışma sonuçları

Çalışma	**Kafein Geri Kazanımı (mg/L)**		**Taurin Geri Kazanımı (mg/L)**	
	Çalışılan Değer	Sonuç	Çalışılan Değer	Sonuç
Geri Kazanım 1	15,00	16,35	75,00	74,45
Geri Kazanım 2	15,00	14,22	75,00	76,38
Geri Kazanım 3	15,00	14,06	75,00	73,59
Geri Kazanım 4	15,00	15,91	75,00	76,26
Geri Kazanım 5	15,00	16,41	75,00	72,08
Geri Kazanım 6	15,00	14,64	75,00	77,13

Çalışma sonucunda elde edilen değerlerin standart sapmaları hesaplanırken aşağıdaki formül kullanıldı.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

s: Standart sapma
x: Ölçüm sonuçlarının ortalaması
xİ: Her bir ölçüm sonucu
N: Yapılan çalışma sayısı

Kafein bileşiği için hesaplanan standart sapma değeri: S = 1,08

Taurin bileşiği için hesaplanan standart sapma değeri: S = 1,94

LOD (LOD=3xS) için hesaplanan standart sapmaların 3 katı, LOQ (LOQ=10xS) için ise 10 katı alınarak belirlendi.

Kafein bileşiği için hesaplanan LOD ve LOQ değerleri: LOD: 3,24 mg/L, LOQ: 10,81 mg/L.

Taurin bileşiği için hesaplanan LOD ve LOQ değerleri: LOD: 5,82 mg/L, LOQ: 19,41 mg/L.

SONUÇ

Piyasada satılan çeşitli markalara ait 8 farklı enerji içeceğinden belirli miktarlarda numuneler alındı. Alınan numuneler için HPLC-MS/MS cihazında kafein ve taurin analizi yapılarak optimizasyonu sağlandı. Buna dayalı metot geliştirildi ve validasyon çalışması başarılı bir şekilde gerçekleştirildi.

Yapılan çalışma sonucunda analizi yapılan enerji içeceklerinde etiket üzerinde belirtilen miktardan daha düşük etken madde kullandıkları tespit edildi. Bütün numunelerin TGK Enerji İçecekleri Tebliği'ne göre uyulması gereken yasal sınırlara uyduğu ve mevzuat limitini geçmediği gözlemlendi.

Çalışmanın amacı doğrultusunda metot geliştirildi ve TGK Enerji İçecekleri Tebliği'ne göre uyulması gereken yasal sınırlara uygunluğu değerlendirildi. Alınan numunelerde limiti geçen ürün olmadığı tespit edildi. Ancak üretici firmaların yüksek ihtimal doğrultusunda ticari kaygılar nedeni ile etken maddeleri etiketinde belirtilen miktardan daha az ekledikleri tespit edildi.

Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 9' da verilmiştir.

Çizelge 9. Çalışılan numunelerin içerdiği hesaplanan kafein ve taurin miktarları

Numuneler	Hesaplanan Kafein Miktarı	Hesaplanan Taurin Miktarı
Numune1_A	70,504	239,614
Numune2_B	32,840	658,554
Numune3_C	71,158	444,545
Numune4_D	32,593	281,856
Numune5_E	77,331	308,423
Numune6_F	63,759	228,098
Numune7_G	60,585	645,928
Numune8_H	68,239	333,893

Bu çalışma için geliştirilmiş olan metot halk sağlığını korumak için geliştirilmiş bir metottur. Kamu kurum ve kuruluşları ile paylaşılacaktır.

KAYNAKLAR

Akalp K. (2020), *Taurinin Akut Egzersiz Performansına ve Toparlanmaya Etkisi*, T.C. Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Bursa, (Yüksek Lisans Tezi)

Akkuş H. B. (2019), *Kafein İçeren Besinler Ve Beslenme Üzerine Etkileri*, T.C. Haliç Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı Beslenme Ve Diyetetik Programı, İstanbul, (Yüksek Lisans Tezi)

Çetin M. (2021). *Amyloid İndüklenerek Oluşturulan Rat Alzheimer Modelinde, Taurin v e B6 Vitamininin Rat Hippocampus'unda Oluşacak Hasarı Önleyici Rolünün Araştırılması*, T.C. Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi Anabilim Dalı, Antalya, (Yüksek Lisans Tezi)

Dikici, S., Aydın, L. Y., Kutlucan, A. & Ercan, N. (2012). Enerji içecekleri hakkında neler biliyoruz? *Dicle Tıp Dergisi*, 39 (4): 609-613

Harpaz, E., Tamir, S., Weinstein, A. & Weinstein, Y. (2016). The effect of caffeine on energy balance. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 1(28)1-10. DOI:10.1515/jbcpp-2016-0090

İşçioğlu, F., Ova, G., Duyar, Y. & Köksal, M. (2010). *Üniversite Öğrencileri Arasındaki Enerji İçeceği Tüketimi ve Bilinci Araştırması*, Akademik Gıda 8(5), 6-11.

Manarga, B. P., Karataş, A. B. & Tokat, İ. E. (2020). LC-MS/MS ile Enerji İçeceklerinde Taurin, İnositol ve Glukoronolaktonun Belirlenmesinde Metot Validasyon Çalışmaları, *Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi,* 23, 38-48.

Nawrot, P., Jordan, S., Eastwood, J., Rotstein, J., Hugenholtz, A. & Feeley, M. (2003). Effects of caffeine on human health, *Food Additives & Contaminants*, 20:1, 1-30.

Peker, Z. (2021). *Enerji İçeceklerinin Muhteviyat Açısından Değerlendirilmeleri*, T.C Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Adli Bilimler Ana Bilim Dalı, Çorum, (Yüksek Lisans Tezi)

Reiisig, C. J., Strain, E. C. & Griffiths, R. (2008). Caffeinated energy drinks—A growing problem, *Drug and Alcohol Dependence*, 99 (2009) 1–10.

Resmî Gazete, Sayı: 30110. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığından: *Türk Gıda Kodeksi Enerji İçecekleri Tebliği* (https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170930-23.htm)

Varım, C., Varım, P., Acar, B. A., Vatan, M. B., Kaya, T., Acar, T. & Tamer, A. (2015). Enerji İçecekleri Ruhu Kanatlandırıyor ya Bedeni? . *Journal of Human Rhythm*, 1 (3), 79-82.

Yiğit, A., (2016). *Grafen-Modifiye Elektrotlar Kullanarak Kafein, Parasetamol ve Asetil Salisilik Asidin İlaç Preparatlarında Eşzamanlı Tayinine Yönelik Yöntem Geliştirilmesi*, T. C. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Van, (Temel Eczacılık Bilimleri Anabilim Dalı- Yüksek Lisans Tezi)

Türkiye Tarımında Örgütlenme Yapısı

Ahmet ÖZÇELİK[1]

Örgütlenmenin Tanımı Ve Kapsamı

İki veya daha fazla kişinin isteyerek etkinliklerini ve güçlerini koordine ettikleri oluşuma "örgüt" denir (Aydın, 1984). Bu oluşumda, ortak çabayı gerektiren bir amacın gerçekleştirebilmesi için gerekli yapının tesisi vardır.

Örgütün kültürel yapısı şunları kapsar (Hasanoğlu, 2004):

- Üyelerinin ortak çıkarları
- Üyelerinin başarma istekleri
- Üyelerinin örgüte bağlılıkları
- Üyelerinin ahlaki davranışları
- Örgütün kurulmasında dikkate alınması gereken konular (Turan, 2015):
- Örgütün kurulacağı bölge
- Bölgenin toplumsal dinamikleri
- Bölgedeki sosyal ve kültürel yaşam
- Bölgenin ekonomik durumu ve beklentiler
- Örgütün kurulmasının bölgeye sağlayacağı yararlar
- Gelişmiş bir iletişim sistemi
- Örgütün amaçlarının bireysel ihtiyaçlara da cevap verebilecek şekilde oluşturulması.

Kişiler, ekonomik; sosyal ve kültürel beklentilerini karşılayabilmek, çeşitli sorunlarına çözüm üretebilmek için örgütlenmektedirler.

Yasal ve idari yollardan diyalog kurarak örgütlenen bireyler, birlikte hareket ederek, sorunlarını dile getirerek, birlikte üretip, bunlara bağlı hizmetleri yaparak amaçlarını gerçekleştirme gayretindedirler.

Örgütlenmede; birlikte karar almak, sorumluluk anlayışı ve gerekli mekanizmaların oluşturulması vardır. İnsan ve fiziki kaynaklar bir araya getirilerek, birlikte davranma, tutum ve alışkanlıklar geliştirilir.

Örgütlenmenin faydaları (Özçelik, 2020):

- Amaçlara ulaşmak kolaylaşır

[1] Prof. Dr. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü

- Elde bulunan maddi ve maddi olmayan kaynakların kullanımı etkinleşir
- Verimlilik artar
- Bireylerin sorumluluklarını daha iyi şekilde yerine getirmeleri sağlanır
- Bireylerin görev ve sorumlulukları daha belirginleşerek, çatışmalar azalır
- Bireyler pek çok şeyi yapma yeteneği kazanır
- Bireyler yeteneklerini aşan amaçlarını gerçekleştirebilirler
- Uygarlık değerlerine uyum artar.
- Etkin bir örgütleme için örgütlenmenin ilkeleri şunlardır (Anonim, 2015):
- Örgütün amaç, politika ve planlarının ortaya konulmasında etkinliklerin saptanması
- Örgüt içi işlerin benzerliklerine göre bölümlere ayrılması
- Örgüt içi bölümlerin işleri yürütebilmek için gerekli araç ve gereçlerle donatılması, yetki ve sorumlulukların belirlenmesi
- Örgüt içi bölümlerin yatay, dikey ve çapraz olarak bütünleştirilerek iletişim birliğinin sağlanması.

Örgüt, hedeflerini gerçekleştirecek büyüme ve gelişmeyi sağlayabilmek için aşağıdakileri yapmalıdır:

- Yeniliğe ve değişime açık olmalıdır
- Rekabet avantajını yakalayabilmelidir
- İşgörenlerin örgüte bağlılığını sağlayıp, artırmalıdır
- Faaliyetlerini etkin ve etkili bir şekilde yürütmelidir

Örgütleri değişime zorlayan faktörler:

- Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler
- Yeni teknolojik buluşlar
- Global rekabetin artması
- Yeni oluşan pazarlardan pay kapmak yarışı
- Ekonomik kalkınmanın itici gücünün insan kaynağı olduğunun anlaşılması
- Müşterilerin bilinçlenmesi ve beklentilerinin değişmesi.

Etkili ve verimli örgüt geliştirmenin unsurları: Verimlilik, eğitim, teknolojik değişime uyum, ürün yenilemesi yapmak, üretkenliği artırmak, kalite, motivasyondur.

Gelişmiş ve demokratik ülkelerde etkili bir örgütlenme yapısı vardır ve ülkeyi yönetenler buna ilgi gösterirler. Bu örgütlerden (Özçelik, 2020);

- Politikaların oluşturulmasında,
- Bu politikaların etkin bir şekilde uygulanmasında,
- Politikaların üretim ve uygulama maliyetlerini asgari seviyeye indirmede yararlanılır.

Türkiye'de örgütlenme gereksinimi en fazla olan sektörlerden biri tarımdır.

Tarımcıların Örgütlemesinin Faydaları Ve Türkiye Tarımında Örgütlenme Yapısı

Türkiye'de tarım kesiminin çeşitli yapısal ekonomik ve sosyal sorunları bulunmaktadır. Bu sorunların aşılıp, gelir düzeyinin ve yaşam standardının yükselmesi için tarımcıların örgütlenmesi bir gerekliliktir. Türkiye'de tarım kesiminin örgütlenme ihtiyacını ortaya koyan sebepler şunlardır:

- Topraksız çiftçi ailelerinin bulunması
- Tarım işletmesi başına düşen arazi genişliğinin 61 dekar gibi küçük, çok parçalı ve dağınık olması
- Tarım işletmelerinde gereğinden fazla bulunan işgücünün, iş prodüktivitesini düşürmesi
- Yabancı sermayenin yeterli miktarda temin edilememesi
- Tarımsal faaliyetin doğa koşullarına bağlılığı
- Tarım tekniğinin ileri olmaması
- Girdi ve ürün pazarlarındaki organizasyon sorunları
- Alt yapı yetersizlikleri
- Ürün fiyatı ve tarım politikalarının belirlenmesinde üreticilerin yeterince etkili olamamaları
- Tarım politikalarındaki sürdürülebilirlik ve etkililik sorunları.

Gelişmiş ülkeler, bugünkü gelişmişlik düzeyine ulaşmada örgütlenmenin yararlarını kullanmışlardır.

Tarımcıların örgütlenmeleri şu yararları sağlar (Özçelik, 2020):

- Tarımsal üretimin artırılması
- Ürün kalitesinin yükseltilmesi
- Tarımla uğraşanların yaşam standardını artırmak
- Tarım politikalarının oluşturulması ve uygulama koşullarının belirlenmesi
- Politika oluşturma mekanizmalarını etkileyebilmek
- Pazarda rekabet gücü kazanmak, etkin olmak, pazarın taleplerini öğrenmek, yeni pazarlama tekniklerini kullanabilmek
- Uygun koşullarda ve yeterli kredi sağlayabilmek
- Modern üretim yöntemlerini kullanmak
- Ucuz maliyetli ve kaliteli teknoloji kullanmak
- Üretim maliyetlerini düşürmek
- İşletmeyi prodüktif, rantabl ve rasyonel çalışır duruma getirebilmek
- Muhasebe sisteminden yararlanmak
- İnsanlarda örgüt ve demokrasi bilinci yaratarak, birlikte hareket ederek yasalar çerçevesinde hak aranmasını, kamuoyu yaratılmasını mümkün hale getirmek
- Küçük işletmelerin çıkarlarını korumak

- Kaynakları etkin kullanmak
- Tarımdaki yenilikleri izleyebilmek
- Kırsal kesimin, ekonomi içindeki etkisini artırabilmek
- Ülkenin kalkınma sürecine, tarımın katkısını yükseltmek
- Toplu olarak danışmanlık hizmetlerinden daha düşük maliyette faydalanmak
- Girdilerin tekniğine uygun kullanılması
- Deneyimlerin paylaşılması
- Etik çalışma ilkelerinin uygulamaya geçirilmesi.

Türkiye'de tarım kesiminin örgütlenmesi 4 grupta incelenebilir (İnan & ark., 2000):

1. Ekonomik ve sosyal amaçlı örgütler
2. Tarımsal amaçlı kooperatifler, üretici birlikleri, mahalli idareler birlikleri (yetiştirme birlikleri, köye hizmet götürme birlikleri), sulama birlikleri bu kapsamda yer alır.
3. Mesleki Örgütler
4. Ziraat Odaları, Türkiye Ziraat Odaları Birliği bu kapsamdadır.
5. Kamusal Örgütler

Bakanlar Kurulu, çeşitli bakanlıklar (Tarım ve Orman Bakanlığı, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Hazine ve Maliye Bakanlığı, Ticaret Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı gibi) Yüksek Planlama Kurulu, Sermaye Piyasası Kurulu, Türk Standartları Enstitüsü, GAP Bölge Kalkınma İdaresi, T.C. Ziraat Bankası, Hazine Müsteşarlığı, ÇAYKUR, TEKEL, TİGEM, TMO, Et ve Süt Kurumu, Türkiye Şeker Fab. A.Ş. gibi yerleri kapsar.

Gönüllü Kuruluşlar

Tarım ve çiftçilerle ilgili dernekler ile vakıfları kapsar.

Tarım kesiminde örgütlenme yapısı incelendiğinde; Ziraat Odalarının üretici lehine lobi yaptığı, kooperatiflerin üreticinin ekonomik çıkarlarını koruduğu, üretici birliklerinin ürün bazında üretim planlamasından, üretim tekniklerine kadar çalışmalar yaptıkları ifade edilebilir. Branş birliklerinin ise bir konuyla ilgili bütün tarafları (üretici, aracı, işleyici iç ve dış pazarlayıcı) bir araya getirdikleri görülmektedir.

Türkiye tarımında örgütleme yapısında yer alan unsurlardan; Kooperatifler, Üretici Birlikleri ve Ziraat Odaları aşağıda açıklanacaktır.

Kooperatifin Tanımı, Kapsamı Ve Nitelikleri

Kooperatif, gönüllü olarak bir araya gelen kişilerin; ekonomik, sosyal ve kültürel gereksinimlerini ve isteklerini birlikte karşılamak için demokratik biçimde kendi kendini yöneten ve denetleyen bir girişimdir (ICA, 1995).

Bireyler, tek başına yapamayacakları veya birlikte yapmalarında yarar bulunan işleri en iyi biçimde ve düşük maliyetle yapmak üzere dayanışmak suretiyle kooperatif ismi verilen örgütlerde, ekonomik güçlerini bir araya getirirler (Mülayim, 2013).

Ekonomik koşulların ortaya çıkardığı olumsuzlukları aşmak, ölçek büyütmek, pazarda rekabet gücünü artırmak için üreticiler ve tüketiciler toplu girişimlere başvurabilmektedirler.

Olumsuzlukların benzer şekilde etkilediği bireyler, ortak amaçlarını uzlaşma ve anlaşma zemininde gerçekleştirebilmek için örgütlenerek, işbirliğine girmektedirler. Bu örgütlerde katılımcılar, amaca nasıl ulaşılacağı, yüklenilecek sorumluluklar, elde edilecek kazanımların paylaşımı gibi konularda uzlaşmak durumundadırlar.

Üretici ve tüketicilerin ortak amaçları doğrultusunda örgütlenmeleri en yaygın biçimde kooperatif şeklinde olabilmektedir. Hızlı ekonomik büyüme, toplumsal ve sosyal adaletle demokrasiyi bir arada gerçekleştirmede önemli bir model oluşturan kooperatifler, tüm ekonomik sistemlerde yer almıştır.

Kooperatif örgütlenme ile;

- Bireysel olanaksızlıkların aşılması
- Daha yararlı sonuçların elde edilmesi
- Prodüktivite ve etkinliğin artırılarak refaha katkı sağlanması
- Rekabet gücü kazanılarak bunun ekonomik kazanımlara dönüştürülmesi
- Yaşam standardının artırılması
- Ortak çalışma kültürünün geliştirilmesi
- Paylaşımın öğrenilmesi
- Demokrasiye katkı sağlaması mümkün olabilmektedir.

Kooperatiflerde ortakların ilgi ve dikkatleri, kooperatifin ortaya koyabileceği ekonomik etkiler üzerinde toplanmıştır. Sosyal ve kültürel etkiler bunu izler. Kooperatiflerde; eşitsizlik, hak, adalet ve dayanışma, sürdürülebilirliğin temel unsurlarıdır.

Prodüktif istihdam yaratmak, yoksulluğun üstesinden gelmek, sosyal entegrasyonu gerçekleştirebilmek, kooperatif faaliyetçe başarılabilir. Kooperatif örgütlenmenin özünde; birlikte çalışmak, yardımlaşmak ve paylaşmak vardır.

Kooperatiflerin dört temel özelliği şunlardır (Duymaz, 1986):

- Kooperatifçilik ilkeleri
- İkili doğa özelliği (kooperatif organizasyonun, kooperatif grup ve kooperatif işletmeden oluşması)
- Kooperatifin ortaklarıyla, onun hizmetinden yararlananların aynı kişiler olması
- Kooperatif işletmenin, ortakları için geliştirme görevine sahip bulunması

Kooperatifçiliğin esası, tek başına yapılamayanı yapılabilir hale getirmek, bireysel çıkarların toplu girişimle geliştirilmesidir.

Kooperatifler, ekonomik ve sosyal kaygıların dengesini kurar. Ticari dengeye biraz daha fazla önem verilirse şirkete, sosyal dengeye biraz daha fazla önem verilirse derneğe benzer. Bu nedenle ticari ve sosyal amaçlar iyi dengelenmelidir.

Genel olarak kooperatifçilik hareketi, gelişmiş ülkelerde daha ileridir. Avrupa Birliği ülkelerinde kooperatifler, ekonominin önemli bir aktörü olarak kabul edilmekte ve özellikle tarım politikalarının uygulaması, kooperatifler üzerinden hayata geçirilmektedir.

Avrupa Birliği 2020 Strateji Belgesinde; istihdamın artırılmasında, ARĞE/yeniliklerin geliştirilmesinde, iklim değişikliği/enerji sorunlarının çözümünde, eğitimin iyileştirilmesinde ve yoksulluğun/dışlanmışlığın geriletilmesinde kooperatiflere önemli roller verilmiştir.

Dünyada nüfusun yaklaşık %14'ü kooperatif ortağıdır. Bu oran Avrupa Birliği'nde %20'dir. Türkiye'de de 8 milyon kişinin biraz üzerinde yani toplam nüfusun %10'u kadar kooperatif ortağı vardır. Dünyada kooperatifler 100 milyon insana istihdam olanağı sağlamaktadır. Kooperatifler daha çok tarım-gıda/ormancılık, finans kurumları, tüketim/perakende satış, sigorta, emek/sanayi, sağlık, kamu hizmetlerinde faaliyet göstermektedirler. Kooperatif bankalar, dünyadaki bankacılıkta 2. bankacılık ağına sahip olup şubelerinin %45'i kırsal alandadır. Dünyadaki en büyük 500 şirket arasında 5 kooperatif/kooperatif birliği bulunmaktadır (Çıkın, 2016).

Kooperatifçilik Tarihi

Dünyada bugünkü anlamıyla ilk kooperatif 21 Aralık 1844 tarihinde İngiltere'nin Rochdale kasabasında 28 dokuma işçisi tarafından kurulan tüketim kooperatifidir. Rochdale Öncüleri olarak isimlendirilen bu girişimin sahipleri "tüm ekonomi tüketiciler için işlemektedir, dolayısıyla tüketiciler de, fiyat düzeyleri ve masrafların dağıtımı konusunda söz sahibi olmalıdırlar" görüşünü savunmuşlardır. İngiltere'de tüketim, Fransa'da üretim, Almanya'da kredi kooperatiflerinin öncü çalışmaları görülmüştür (Hazar, 1988).

Türkiye'de kooperatif öncüsü olarak Osmanlı İmparatorluğu döneminde Mithat Paşa, Cumhuriyet döneminde ise Mustafa Kemal Atatürk ifade edilebilir.

Mithat Paşa, Memleket Sandığı adını verdiği ilk tarım kredi örgütünü 1863 yılında o zaman valisi bulunduğu Niş vilayetinin Pirot kasabasında (Bulgaristan-Yugoslavya sınırı) kurmuştur.

Türkiye'de tam anlamıyla kooperatifçilik cumhuriyet döneminde başlamıştır. Atatürk daima kooperatifçiliği teşvik etmiş, konuşmalarında, yurt gezilerinde konuyu gündeme getirmiş, Ankara Memurlar Tüketim Kooperatifi, Tekir Tarım Kredi Kooperatiflerinin de ortağı olmuştur. Atatürk'ün döneminde 1935 yılında 2834 sayılı "Tarım Satış Kooperatifleri ve Birlikleri Kanunu", 2836 sayılı "Tarım Kredi Kooperatifleri Kanunu" çıkartılmıştır.

Türkiye'de kooperatifçilik tarihinin en önemli adımlarından biri 1969 yılında çıkartılan 1163 Sayılı "Kooperatifler Kanunu'dur. Bu kanun ile kooperatifler ana bir yasal mevzuata kavuşurken, üst örgütlenmeleri de mümkün olmuştur (Özçelik, 2020).

Kooperatiflerde yönetim organları; Genel Kurul, Yönetim Kurulu ve Denetleme Kuruludur. En yetkilisi tüm ortakların katılıp bir oy hakkına sahip oldukları ve yılda bir kez olağan olarak toplanan Genel Kurul'dur. Yönetim Kurulu ile Denetleme Kurulunu Genel Kurul seçer. Yönetim Kurulu, kanun ve anasözleşme hükümlerine göre kooperatifin faaliyetini yönetir, onu temsil eder. Denetleme Kurulu ise Genel Kurul adına kooperatifin bütün işlem ve hesaplarını tetkik eder.

Kooperatifçilik İlkeleri

Kooperatifler, nitelikleri itibariyle faaliyette bulunabilmeleri, iyi işleyebilmeleri için en son şekli 1995 yılında Uluslararası Kooperatifler Birliğinin (ICA) Manchester/İngiltere kongresinde kabul edilen Kooperatifçilik ilkelerini uygularlar (ICA, 1995).

Günümüzde geçerli olan yedi kooperatifçilik ilkesi şunlardır:

- Gönüllü ve serbest giriş ilkesi

Kooperatifler, gönüllü ortak olunan kuruluşlardır. Kooperatifin hizmetlerinden yararlanabilecek ve sorumluluklarını kabul eden herkese cinsiyet, sosyal, ırksal, siyasal ve dinsel ayrım gözetmeksizin ortaklık açıktır.

Kooperatif ortaklığından çıkabilmekte serbesttir. Bazı kooperatiflerde Anasözleşmelerinde yazmak koşulu ile belli bir süre (en fazla 5 yıl) ortaklıktan çıkış sınırlandırılabilir.

Ortağın demokratik yönetimi ilkesi

Kooperatifler, ortaklar tarafından yönetilen demokratik kuruluşlardır. Kooperatiflerde yönetime seçilenler ortaklara karşı sorumludurlar. Birim kooperatiflerin Genel Kurulu'nda her ortağın bir oy hakkı vardır. Kooperatif üst örgütleri de (Birlik, Merkez Birliği, Ulusal Birlik) demokratik biçimde örgütlenmişlerdir. Üst örgütlerin Genel Kurulu'nda temsil durumu, katılan birim kooperatif veya birliğin ortak sayısı, üst örgütle yaptığı alış-veriş hacmi gibi kriterler göre farklılık gösterebilir (Rehber, 2011).

Ortağın ekonomik katılımı ilkesi

Ortaklar, kooperatifin sermayesine adil biçimde katılırlar ve kooperatifin sermayesini demokratik olarak kontrol ederler. Kooperatif, ortak olmak için yatırılan ortaklık paylarına şayet veriliyorsa, sınırlı oranda faiz verebilir. Gelir-gider fazlası; yedek akçe oluşturmak, risturn (ortakları kooperatifle alış-veriş oranında yararlandırma), zorunlu ve isteğe bağlı oluşturulan fonlara aktarım yapılarak değerlendirilebilir.

Özerklik ve bağımsızlık ilkesi

Kooperatifler, ortakları tarafından yönetilen özerk ve karşılıklı yardıma dayanan bağımsız kuruluşlardır. Kooperatifin, devlet ve/veya diğer kurum ve kuruluşlarla anlaşma ve işbirliği yapmaları, özerkliğine ve ortakların kooperatiflerini demokratik olarak yönetmelerine zarar vermeyecek şekilde yürütülür.

Eğitim, öğretim ve bilgilendirme ilkesi

Kooperatifler, kendi ortaklarına, seçilmiş ve atanmış yöneticilerine ve personeline eğitim, öğretim sağlayarak kooperatiflerinin gelişmesine katkıda bulunurlar. Bu kapsamda kooperatifçilik konusunda halkı bilinçlendirmek amaçlı eğitim çalışmaları da yapılır. Kooperatif çalışanları yürütülen faaliyetler konusunda da eğitilirler.

İngiltere ve Almanya'da kooperatifçilik fakülteleri vardır. Türkiye'de ise kooperatifçilik Meslek Yüksekokulları bulunmakta, Ziraat Fakülteleri'nim Tarım Ekonomisi Bölümleri, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültelerinin ilgili bölümlerinde kooperatifçilik dersleri okutulmaktadır.

Kooperatifler arası işbirliği ilkesi

Kooperatifler, ortaklarına daha etkin biçimde hizmet edebilmek, kooperatifçilik hareketini güçlendirebilmek için diğer kooperatiflerle yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeyde işbirliği yaparlar.

Kooperatifler; Birlikler, Merkez Birlikleri ve Ulusal Birlik oluşturmak suretiyle bölgesel ve ulusal düzeyde yatay ve dikey işbirliğinde bulunurlar. Uluslararası Kooperatifler Birliği (ICA) gibi kuruluşlara üye olarakta uluslararası işbirliğine giderler.

Toplumsal sorumluluk ilkesi

Kooperatifler, ortakları tarafından onaylanan politikalar aracılığı ile faaliyette bulundukları toplumun sürdürülebilir kalkınması için çalışırlar. Kooperatifler faaliyetleri ile çevre sorunları yaratmazlar, toplumu rahatsız etmezler ve kazanımlarının bir kısmını bölgenin ve toplumun kalkınması, refahı yönünde değerlendirirler.

Kooperatiflerle, Sermaye Şirketleri Arasındaki Farklar

Kooperatiflerle, sermaye şirketleri arasında başlıca şu farklar vardır (Rehber, 2011; Mülayim, 2013; Özçelik, 2020):

- Şirketlerde kar maksimizasyonu, kooperatiflerde maliyet minimizasyonu ilkesi geçerlidir.

- Sermaye şirketlerinde elde edilen karlar, hisse sahiplerine hisseleri oranında temettü olarak dağıtılır. Kooperatiflerde ise gelir-gider fazlası gerekli ayrımlar (yedek akçe, fonlar gibi) yapıldıktan sonra kalan kısım Genel Kurul kararı ile ortaklara kooperatifle yaptıkları işlem hacmine göre risturn olarak dağıtılır.
- Şirketlerde hisse senedi vardır ve kolaylıkla el değiştirilebilir, genellikle ortaklar birbirini tanımazlar. Kooperatiflerde ise ortaklık senedi olup ancak kooperatife ya da kooperatifin kabul etmesiyle başka birine devredilebilir.
- Şirketlerde hisselerin %51'ini ele geçiren yönetime hakim olur. Çünkü oylar hisselere göre kullanılır. Kooperatiflerde ise genel kurul'da her ortağın bir oy hakkı bulunduğundan, yönetimi ele geçirmek gibi bir durum olmaz.
- Sermaye şirketlerinde sosyal ve toplumsal amaç çok az veya yoktur. Kooperatiflerle ise ekonomik amaçlarla birlikte sosyal, kültürel ve toplumsal amaçlarda vardır.
- Sermaye şirketlerinde, varlıklarındaki değer artışları şirketin hisse değerlerini artırırken, kooperatiflerde ortakların hisselerine yansıtılmaz.

Türkiye'de Kooperatifçilik Mevzuatı

Gelir dağılımının adil olmaması, rekabetin iyi işlememesi, tekelleşme, normal karın üzerine çıkılması koşullarının geçerli olduğu ortamlarda, özel sektör karşısında, kooperatifler önemli bir alternatif ve piyasa düzenlemede rol oynayan aktör durumundadırlar.

Türkiye'de kooperatifçilikle ilgili temel mevzuat;

- 1163 sayılı 1969 yılında kabul edilen "Kooperatifler Kanunu"
- 1581 sayılı ve 1972 yılı tarihli "Tarım Kredi Kooperatifleri ve Merkez Birlikleri Kanunu"
- 4572 sayılı ve 2000 yılı tarihli "Tarım Satış Kooperatifleri ve Birlikleri Kanunu" dur.

1163 Sayılı Kooperatifler Kanunu Türkiye'de Kooperatifçilik açısından bir milad oluşturmuştur. Dokuz bölümden ve 102 maddeden oluşan bu kanun ile kooperatifler, Türk Ticaret Kanunu hükümlerine göre kurulup, işletilen yapıdan kurtularak kendilerine ait bir yasaya kavuşurken, üst örgütlenmelerine ait mevzuat ortaya konmuştur.

Kooperatiflerde Üst Örgütlenme

Bir ülkede kooperatiflerin, birim kooperatiften, ulusal birliğe kadar aşağıdan yukarıya doğru dikey örgütlenmesine üst örgütlenme denir (Özçelik, 1985).

Bireyler, birim kooperatife ortak okurları, birim kooperatifler tek başına yapamayacakları veya birlikte yapmalarında yarar bulunan işleri daha düşük fiyatla gerçekleştirebilmek için güçlerini bir araya getirerek aralarında örgütlenip kooperatifler birliği, merkez birliği, ulusal birliği gibi birim üstü kooperatifleri oluştururlar.

Kooperatifler üst örgütlenmeye giderek ortakların ekonomik ve sosyal haklarını daha iyi korurken, kooperatif ilkelerinin uygulanması yönünden de, kooperatifler arası işbirliği ilkesi uygulamaya geçirilmiş olur.

Türkiye'de kooperatiflerin üst örgütlenmesi daha öncede belirtildiği üzere 1163 sayılı Kooperatifler Kanunu'nun çıkmasıyla 1969 yılında başlamıştır.

Kooperatif üst örgütlerinin faaliyetleri; sosyal ve ekonomik faaliyetler olarak iki grupta toplanabilir (Mülayim, 2013):

Sosyal Faaliyetler

Bunlar arasında kooperatifçilik hareketini devlet nezdinde temsil etmek, kooperatiflere hukuki, teknik, bilimsel konularda yardım etmek, kooperatifçilik eğitimi, öğretimi, araştırması ve propagandası yapmak yer alır.

Ekonomik Faaliyetler

Kooperatif üst örgütleri, birim kooperatiflerin pazar karşısındaki zayıflıklarını gidermek yoluyla kooperatif hareketinin etkili bir ekonomik sonuç elde etmesi ve ortakların kooperatiflerinden daha fazla ekonomik yarar sağlamalarını mümkün duruma getirir.

Kooperatif üst örgütleri birim kooperatife ulaşacak malları üretime daha yakın noktalardan temin ederek, gerektiğinde bizzat üreterek aracıların azaltılması ya da kaldırılmasını sağlayarak, malın maliyetini dolayısıyla fiyatını düşürebilirler. Bu etki kooperatiflerde üst örgütlenmenin daha yukarı seviyelere ulaştırılmasıyla artar.

Türkiye'de 598 Kooperatif Birliği, 13 Merkez Birliği ve bir Milli Birlik vardır.

Tarımsal Amaçlı Kooperatifler

Ortakları çiftçi, faaliyet konusu tarım olan kooperatiflere "tarım kooperatifi" denir. Dünyadaki pek çok ülkede tarım işletmelerini içinde küçük aile işletmelerinin sayı olarak payı en yüksektir. Küçük tarım işletmeleri; tarım tekniğinin geriliği, eğitim seviyesinin düşük olması, sermaye noksanlığı, öncelikle kendi ihtiyaçlarını üretmek, artanı pazara çıkarmak tarzı kapalı ekonomi koşullarında çalışabilmeleri, kredi olanaklarının azlığı, modern ürün işleme olanaklarının bulunmaması, girdi ve ürün pazarlarında rekabet gücüne sahip olmamaları gibi pek çok olumsuzluğa sahiptirler (Helm, 1976). Bu dezavantajlar giderebilmeleri için küçük tarım işletmeleri yönünden en uygun yol kooperatif örgütlenmedir.

Tarımsal faaliyet alanında çalışan ülkemizdeki kooperatifler; Tarımsal Kalkınma, Sulama, Su Ürünleri, Pancar Ekicileri, Tarım Kredi, Tarım Satış, Yaş Sebze Meyve Kooperatifleridir.

Bunların dışında çeşitli ülkelerde Tarım Alım, Tarım Sigorta, Arazi Kullanma, Tarım Hizmet Kooperatifleri de bulunmaktadır.

Tarım kooperatifleri tek ya da çok amaçlı olarak gelişip, faaliyette bulunabilirler. Bir ülkede kooperatif hareket geliştikçe, tek amaçlı ihtisaslaşmış kooperatiflere doğru yönelim başlar. Kırsal kalkınmada öncelikle çok amaçlı kooperatifler uygundur. Ticarete yönelme ve ihtisaslaşma arttıkça tek amaçlı kooperatifler daha uygun duruma gelir (İnan, 2004).

Tarımsal amaçlı kooperatiflerin tek veya çok amaçlılığını şunlar belirler (Mülayim, 2013):

- Ortakların ihtiyaçları
- Bilgenin ekonomik yapısı ve yaşam standardı
- Bölgenin özel koşulları ve gelenekleri
- Sorumluluk yüklenecek yönetici bulmak olanağı.

Kooperatiflerin yapacağı faaliyet büyük bir uzmanlaşmayı istemiyorsa, kooperatif ortaklarının tarımsal faaliyetleri homojen ise, ortakların faaliyeti geleneksel ilkel tarım biçimindeyse çok amaçlı kooperatif kurmak daha uygun olabilir.

Tarım Kredi, Tarım Satış Kooperatifleri tek amaçlı, Tarımsal Kalkınma Kooperatifleri ise çok amaçlı tarımsal kooperatiflerdir.

Bir bölgede yeni bir tarım kooperatifi kurulmadan önce o yörede yaşayan topluma ekonomik ve sosyal yönden beklenen faydaları sağlayıp sağlayamayacağı "ön araştırma" yapılarak

saptanmalıdır. Ön araştırma için oluşturulacak komite aşağıdaki durumları inceleyerek, rapor eder (Özçelik, 1984):

- Kooperatifin kurulmasına ihtiyacı olup olmadığı
- Muhtemel ortak sayısı
- Kooperatifin iş hacminin hesaplanması
- Mevcut pazar durumu
- Gerekli tesis, bina ve ekipmanlar
- Sabit yatırımlar ve işletme için gerekli olan sermayenin hesaplanması ve finansman kaynakları
- İşletme masrafları
- Yönetici durumu
- Çalışma konuları
- Üretilecek ürün çeşitleri
- Üretim girdileri
- Gerekli personel ve temini
- Çalışmada karşılaşılabilecek riskler ve önlemleri

Ön Araştırma Raporu hazırlanır ve olası ortaklarla toplantı yapılarak bulgular değerlendirilir ve kooperatifin kurulup, kurulmamasına karar verilir. Kurulmasına karar alınırsa, kuruluş işlemleri başlatılır.

Kooperatif kurulurken ve faaliyet dönemlerinde çok sayıda değişkenin etkileşim içinde bulunduğu dış çevre şartlarının, işletmenin başarısı yönünden işletmeye etkileri iyi değerlendirilerek uyum sağlanmalıdır. Bu dış çevre şartları:

- Ekonomik çevre
- Sosyal ve kültürel çevre
- Hukuki ve politik çevre
- Teknolojik çevre
- Doğal çevredir.

Kooperatiflerin sürdürülebilirliği ortakların beklentilerini karşılamaları yönünde kooperatif etkiyi yaratabilmeleri ile mümkündür. En azından girdileri daha kaliteli ve uygun fiyata temin ederek kullanımlarıyla ilgili teknik bilgiyi ortaklarına ulaştırmaları, ortakların ürünlerini değer fiyata ham veya işleyerek pazarlayabilmeleri gerekir.

Aşağıda, Türkiye'de önemli bir yeri olan bazı tarımsal amaçlı kooperatif çeşitleri (Tarım Kredi, Tarım Satış, Tarımsal Kalkınma Kooperatifleri) hakkında bilgiler verilecektir:

Tarım Kredi Kooperatifleri

Bu kooperatiflerin amacı, ortaklarına olabildiğince düşük faiz, uygun vade ile yeterli kredi sağlamaktır. 1972 tarih ve 1581 sayılı "Tarım Kredi Kooperatifleri ve Birlikleri Kanunu'na göre kurulan Tarım Kredi Kooperatiflerinin çalışma konuları;

Ortaklarının; kısa ve orta vadeli kredi ihtiyaçlarını karşılamak, ürünlerini değerlendirmek, ortaklaşa yararlanabilecekleri her çeşit makine, ekipman ve tesisleri edinmek. Ortak ve gerektiğinde diğer üreticilerin; üretim ve zorunlu tüketim maddeleri ile üretim araçlarını toptan sağlamak, el sanatlarını geliştirmek ve ürünlerini değerlendirmek, mesleki ve teknik yönden bilgilerini artırmak, sosyal ve kültürel konularıyla ilgili faaliyetlerde bulunmak, kurslar açmak, seminerler düzenlemek, mevduat toplamak, bankacılık hizmetleri ve sigorta acenteliği yapmaktır (Anonim, 2022).

Tarım kredi kooperatifleri; Birim Kooperatif, Bölge Birlikleri Merkez Birliği şeklinde teşkilatlanmışlardır.

Tarım Kredi Kooperatifleri en az 30 ortakla kurulurlar. Kullandırılan kredinin önemli bir kısmını (3/4 ünü) ayni (gübre, tohum, makine vb.), kalan kısmını (1/3) nakdi olarak kullandırmaktadırlar. Çiftçi başına yıllık kredi limiti her yıl belirlenmektedir. Bu kooperatifler ortaklarına kredi konusunda önerilerde bulunurken, alınan kredinin üretimde kullanılarak, tarımsal üretimin artırılmasına da çalışırlar.

Tarım Kredi kooperatiflerinin kısa vadeli (1 yıl) olarak kullandırdıkları işletme kredileri; tohumluk, fide, gübre, ilaç, yem, nadas, ekme, biçme, toplama, kurutma gibi insan hayvan ve makine işgücü ve çekigücü ücretlerinin ödenmesi, yıllık çevirme sermayesinin yetersiz ve eksik kısımlarının tamamlanması, pazarlama, el sanatları, tüketim kredileridir. Orta vadeli (5 yıl) kullandırılan krediler ise; her çeşit tarımsal malzeme, alet ve makinalarla, iş ve çift hayvanları ihtiyaçlarını karşılamak, ortakların hayvan varlığını artırmak ve devam ettirmek, faydalı ve zaruri her çeşit gereç, araç, tesisler için donatım kredileridir. Orta vadeli krediler ayni olarak kullandırılır.

Tarım Kredi Kooperatiflerinin başarısı için en önemli konu, kredi olarak kullandırılacak kaynakların teminidir. Dünyadaki başarılı kooperatifçilik modellerinde bu mesele, kooperatif bankacılığı yoluyla çözümlenmiştir.

Türkiye'de 1967 birim Tarım Kredi Kooperatifi, bunların 16 birliği ve 1 Merkez Birliği bulunmaktadır. Ortak sayısı 1,1 milyon kişi civarındadır.

Tarım Satış Kooperatifleri

Özellikle küçük çiftçiler için en güç ekonomik sorunlardan biri, ürünlerini değer fiyatına satabilmeleridir. Çiftçiler ürünlerini satarken, pazarda yeterli rekabet gücünden yoksun bir şekilde aracı tüccar ve komisyoncuları karşılarında bulmaktadırlar (Güneş, 1985).

Tarım Satış Kooperatiflerinin esas amacı; ortakları olan çiftçilerin ürünlerini en iyi biçimde değerlendirmek, ürünlerin iç ve dış pazarlarda değer fiyatına satışını gerçekleştirmek, gerektiğinde ürünleri işleyip, katma değer ilave ederek pazarlamak, tüketicilerin ödediği paranın olabildiğince fazla kısmının çiftçilerin eline geçmesini sağlamaktır.

Tarım Satış Kooperatifleri 2000 yılında kabul edilen 4572 sayılı "Tarım Satış Kooperatif ve Birlikleri Hakkında Kanun" hükümlerine göre kurulup, faaliyet göstermektedirler. Türkiye'de 322 birim Tarım Satış Kooperatifi, 17 Birliği bulunurken, ortak sayıları 603 bin kişiye yakındır (GTB, 2016).

Tarım Satış kooperatiflerinin yararları şöyle sıralanabilir:

- Çiftçileri, tüccarların, aracıların, komisyoncuların spekülasyonundan korur.
- Satışta daha uygun ve geniş iş hacmi sağlar.
- Sattığı ürünün kalitesini garanti ederek, iç ve dış pazarlarda güven yaratır.
- Ortaklarına, kaliteli ürün yetiştirmeleri konusunda teknik yardımlarda bulunur.
- Ürün piyasasının düzenlenmesi ve kontrolünde rol oynar.

Tarım Satış kooperatiflerinin başarısında; iyi yönetici, uygun koşullarda finansman olanaklarına ulaşabilmeleri, ortakların kooperatiflerine bağlılığı ve taahhüt ettikleri ürünleri teslim etmeleri, günün teknolojisine uygun işleme ve ambalajlama tesislerine sahip olmaları önem taşımaktadır.

Tarım Satış Kooperatiflerinin; ortaklarının ürünlerinin daha iyi koşullarda değerlendirilmesini sağlamak, ortakların ve ortak olmayan üreticilerin tarımsal üretim faaliyeti ile ilgili gereksinimlerini karşılamak, gerektiğinde devlet adına destekleme alımı yapmak gibi çalışma konuları vardır.

Türkiye'de ilk Tarım Satış Kooperatifi 1911 yılında Aydın ilinde "Aydın İncir Himayei Zürra A.Ş." ismiyle kurulmuştur (Hazar, 1996).

Türkiye'de Tarım Satış Kooperatifleri genel olarak bölgesel bazda, o bölgede önem taşıyan, öne çıkan ürünleri çalışma konusu edinerek kurulmuşlardır.

Ege bölgesinde; pamuk, incir, üzüm, zeytinyağı konusunda çalışan TARİŞ, Akdeniz Bölgesinde; pamuk, narenciye soya, yer fıstığı konusunda faaliyet gösteren ÇUKOBİRLİK, ANTBİRLİK, Karadeniz Bölgesinde; fındık, yağlı tohumlar konusunda FİSKOBİRLİK, KARADENİZBİRLİK, Marmara'da; yaş ipek kozası, zeytin, ayçiçeği alanında faaliyet gösteren KOZABİRLİK, MARMARABİLRİK, Edirne'de yağlı tohumlar alanında TRAKYABİRLİK, Isparta'da gül ve gülyağı için GÜLBİRLİK, Ankara'da tiftik için TİFTİKBİRLİK, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bakliyat, antepfıstığı, kırmızıbiber, çekirdekli kuru üzüm, zeytinyağı konularında Güneydoğu Tarım Satış Kooperatifleri Birliği faaliyette bulunmaktadır.

Tarımsal Kalkınma Kooperatifleri

Bunlar 1163 sayılı Kooperatifler Kanunu'na göre kurulan çok amaçlı kooperatiflerdir. 1989 yılına kadar Köy Kalkınma Kooperatifleri ismiyle çalışmışlardır. Tarımsal Kalkınma Kooperatifleri, Köy Kalkınma Kooperatiflerinden başka Orman Köyleri Kalkındırma, Hayvan Üreticileri Tedarik ve Pazarlama, Çay İstihsal ve Satış Kooperatiflerini de içine almaktadır.

Tarımsal Kalkınma Kooperatiflerinin amaçları (GTHB, 2012):

- Yerleşim alanını düzenlemek, çiftçi işletmelerini verimli duruma getirmek, hür türlü ürünlerin ve mamullerin pazarlanmasını düzenleyerek, kazançlı hale getirmek,
- Ortakların mesleki ve gerektiğinde şahsi tüketim ihtiyaçlarını da karşılamak,
- Doğal kaynaklardan faydalanılması, köy sanayinin kurulmasını sağlayan çalışmalara katılmaktır.

Tarımsal Kalkınma Kooperatiflerinin en önemli özellikleri arasında, köyde yatırıma yönelik çalışmaları ve bu sayede köylerde fabrikalar, mandıralar, depolar, seraların kurulmasıdır.

Türkiye'de 8173 birim Tarımsal Kalkınma Kooperatifi, 82 Birlik ve 4 Merkez Birlikleri vardır. Ortak sayısı ise 843 bin kişiye yakındır (Özçelik, 2020).

Tarımsal Kalkınma Kooperatifleri tabandan gelen bir kooperatif yapılanma olarak, kırsal alanın gelişmesi ve burada yaşayanların gelir ve yaşam standartlarının artırılması yönünde farklı alanlarda pek çok projeyi uygulamaktadırlar. Bu kooperatifler, demokratik ve özerk yapıları, kooperatifçilik ilkelerinin uygulanışı bakımından da gelişmiş batı ülkelerindeki tarım kooperatiflerine yakın kooperatiflerdir.

Tarımsal Kalkınma Kooperatiflerinin yatırım projeleri devlet tarafından desteklenmekte, kredilere faiz indirimi de uygulanabilmektedir. Buna örnek olarak süt fabrikası, yem fabrikası gibi tarıma dayalı ve tarıma girdi sağlayan konularda çalışan kırsal sanayi tesisleri bulunmaktadır.

Türkiye'de Kooperatifçiliğin Sorunları ve Çözüm Yolları

Sayısal gelişmelere (kooperatif ve ortak sayısı) rağmen ülkenin ekonomik ve sosyal gelişmesinde kooperatifçiliğin istenen ölçüde etkili olamayışının başlıca nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Mülayim, 2013; Özçelik, 2020):

Finansman Sorunu

Bu sorunun çözümü için Kooperatifler Bankasının kurulması önerilebilir.

Üst örgütlenme sorunu

Türkiye'de üst örgütlenme şeması pek çok kooperatif için tamamlanmış yani birim kooperatif, birlik, merkez birliği, ulusal birlik şeklinde örgütlenmiştir. Ancak bu yapının daha etkili çalışması ve beklenen sosyal, ekonomik faydaları ortaya koyması gerekmektedir.

Eğitim ve Araştırma Sorunu

Halkın kooperatifçilik konusunda bilinçlendirilmesi için yazılı ve görsel medyada kooperatifçiliğe daha fazla yer verilmesi, çeşitli kademedeki eğitim kurumlarında kooperatifçilik derslerinin okutulması, ilgili fakültelerde kooperatifçilik bölümleri oluşturulması, kooperatifçilik araştırmalarına destek verilmesi, kooperatif ortakları, yöneticileri ve çalışanlarının eğitilmesi önemlidir.

Mevzuat sorunu

Türkiye'de kooperatifçilik mevzuatını çerçeve bir kanunla toplulaştırmak, gelişmelere bağlı olarak gecikmeksizin mevzuatı yenilemek bu konuda çözüm olabilir.

Denetim sorunu

Kooperatifleri daha iyi denetleyebilmek için iç ve dış denetim etkin duruma getirilmelidir. Bu konuda Kooperatif Denetim Birliklerinin kurulması önerilebilir.

Tarımsal Amaçlı Üretici Birlikleri

Tarımsal Üretici Birliklerinin amaçları, 5200 sayılı "Tarımsal Üretici Birlikleri Kanunu" nun birinci maddesinde şöyle belirtilmektedir (Resmi Gazete, 2004):

- Üretimi talebe göre planlamak
- Ürün kalitesini iyileştirmek
- Kendi mülkiyetine almamak koşuluyla pazara geçerli norm ve standartlara uygun ürün sevk etmek
- Ürünlerin ulusal ve uluslararası ölçekte pazarlama gücünü artırıcı önlemler almak.

Tarımsal üretici birlikleri ilgili kanun gereği ürün ticaretiyle uğraşamazlar.

Tarımsal üretici birlikleri ürün ya da ürün grubu bazında, en az onaltı tarım üreticisinin bir araya gelmesiyle, en az ilçe düzeyinde kurulurlar. Birliğin en az üretim kapasitesi, Bakanlık tarafından yönetmelikle belirlenir. İlçe ve düzeyinde, ürün ya da ürün grubu için en fazla bir üretici birliği kurulabilir.

Türkiye'de 2004 yılında kabul edilen 5200 sayılı "Tarımsal Üretici Birlikleri Kanunu" ve 2005 yılında yürürlüğe giren "Tarımsal Üretici Birliklerinin Kuruluş Usul ve Esaslarına İlişkin Yönetmelik" e göre ürün ve ürün grubunda ihtisas birlikleri kurulmaktadır.

Üretici Birliklerinin görevleri şunlardır (Resmi Gazete, 2004):

- Üyelerinin ürettikleri ürünlerle ilgili piyasa araştırmaları yapmak ve yaptırmak

- Üyelerinin ürünlerine pazar bulmak, ürünlerin pazar arzını düzenlemek
- Üyelerine; üretim teknikleri, hasat, depolama, paketleme konularında teknik destek sağlamak
- Üyelerine, girdi temininde yönlendirici yardımlarda bulunmak
- İç pazara ve ihracata uygun çeşitlerin üretilmesini sağlamak
- Eğitim ve yayım hizmeti vermek, danışman hizmeti temin etmek
- Ürün kalitesini iyileştirici önlemler almak ve ürün standartlarını uygulamak
- Çiftçi düzeyinde yapılan tarımsal uygulamaları izlemek, kayıtlarını tutmak ve belge düzenlemek
- Paket ve ambalajlarla ilgili standartların uygulanmasını sağlamak
- Çevreyle uyumlu üretim tekniklerini yaygınlaştırmak
- Üyeleri adına ürün depolanmasına, gerektiğinde bu amaçla depo kiralanmasına yardımcı olmak
- Ürünlerin tanıtımıyla ilgili faaliyetlerde bulunmak
- Ürünlerle ilgili her türlü kaydı tutmak
- Türkiye'nin kabul ettiği uluslararası ürün veya ürüne özgü ortak piyasa düzenlemelerinin gerektirdiği görevleri yürütmek
- Sözleşmeli üretim kapsamında, üyeleri adına örnek tip sözleşmeler düzenlemek ve bununla ilgili faaliyetleri koordine etmek.

Tarımsal üretici birliklerinin organları; Genel Kurul, Yönetim Kurulu ve Denetim Kuruludur. Genel Kurul, birlik üyelerinden oluşur. Genel Kurul, kendi üyeleri içinden dört yıl için 5-7 üyeden oluşan Yönetim Kurulunu seçer. Denetim Kurulu'da üç birlik üyesinden oluşur ve Genel Kurulca seçilir.

Birlikler, ürün veya ürün grubu bazında ulusal düzeyde Merkez Birliği şeklinde üst örgütü oluşturabilirler. Merkez Birliği en az yedi tarımsal üretici birliğinin bir araya gelmesiyle kurulur.

Tarımsal üretici birliği kurulmasında ürün ve ürün grupları şunlardır (Resmi Gazete, 2005):

1.Bitkisel üretimle ilgili

a) Meyve

- Meyve üreticileri
- Yumuşak çekirdekliler; elma, armut, ayva
- Sert çekirdekliler; kayısı, kiraz, vişne, şeftali, nektarin, erik, kızılcık, zerdali, zeytin
- Sert kabuklular; kestane, ceviz, badem, fındık, antep fıstığı
- Üzümsü meyveler; çilek, dut, muz, Trabzon hurması, kivi, böğürtlen, ahududu, kuşburnu, üzüm, incir
- Turunçgiller
- Meyve ve asma fidanı üreticileri

b) Sebze ve süs bitkileri

- Sebze; örtü altı sebze üreticileri, domates, havuç, patlıcan, kabak, karpuz, kavun, biber, kök ve yumrulu bitkiler, baklagil sebzeleri
- Mantar
- Süs bitkileri; kesme çiçekler iç ve dış mekan bitkileri, doğal çiçek soğanları

c) Tarla bitkileri

- Tahıllar; buğday, arpa, yulaf, çavdar, çeltik, mısır
- Yemeklik dane baklagiller; nohut, mercimek, kuru fasulye
- Endüstri bitkileri; pamuk, patates, tütün
- Yağlı tohumlu bitkiler; ayçiçeği, kolza, soya, yer fıstığı, aspir
- Yem bitkileri; fiğ, yonca, korunga
- Çay
- Tıbbi ve kokulu baharat bitkileri

2.Hayvansal üretimle ilgili ürünler ve ürün grupları:

- Süt
- Kırmızı et
- Kanatlı hayvan eti
- Yumurta
- Bal
- Koza veya ham ipek

3.Su Ürünleri üretimi ise denizler, doğal göller, baraj gölleri, göletler, akarsular, dalyanlar, lagünler ve karada çeşitli sistemler kullanarak su ürünleri yetiştiriciliği ve avcılık yaparak elde ettikleri su ürünlerini pazara sunmayı taahhüt edenleri kapsamaktadır.

4.Organik ürün yetiştirici birlikleri

Türkiye'de ilk üretici birliği 2005 yılında Samsun/Terme ilçesinde "Organik Fındık Üreticileri Birliği" ismiyle kurulmuştur. Türkiye'de üretici birlikleri sayısı 2016 yılında 978'e ulaşmıştır.

Türkiye'de tarımsal üretici birliklerinin ortaya çıkış nedenleri (Özçelik, 2020):

- Türkiye'de tarım işletmelerinin genellikle küçük olması sebebiyle girdi, finansman ve teknoloji kullanımının yeterli olmaması
- Küçük işletmelerin ürünlerini değer fiyata satamamaları
- Tarımsal ürünler pazarlama kanalının uzun olması ve tüketicinin ödediği paranın az bir kısmının üreticinin eline geçmesi
- Üreticilerin ürün pazarlarını denetleyebilecek şekilde örgütlenmemiş olması sonucunda, iç ve dış piyasaların taleplerinin bilinmemesi ve üretim planlaması yapılamaması, rekolte durumuna göre bazen tüketim fazlası bazen de üretim noksanlığı ile karşılaşılması

- Ürün desenini ülke içi ve dışı fiyatlar doğrultusunda değiştirmeyi mümkün kılacak piyasa düzenlerinin işlemesinin sağlanması
- Kamu kesimindeki yetki dağınıklığı ve koordinasyon eksikliği
- Devletten aktarılan kaynakların israfına yol açan örgütlenme yapısı
- Üreticilerin, birlik konusundaki ihtiyaçlarını Dernekler Kanunu, Belediye Kanunu, İller İdaresi Kanunu gibi çeşitli yasalara dayandırarak karşılamaya çalışmaları. Bu şekilde oluşturulan birliklerin dikey örgütlenmeye imkan vermemesi, katılımcı çiftçi kuruluşları olmamaları nedeniyle üreticinin ihtiyacını yeterince karşılayamamaları
- Avrupa Birliği ortak tarım politikalarına uyum sağlanması ve tarım ürünlerinin Türkiye ile Avrupa Birliği arasında dolaşımının gerçekleştirilebilmesidir.

Tarımsal üretici birlikleri başarılı çalışmalar yapmak suretiyle politika yönlendirme ve lobi oluşturmada etkin olarak, üyelerinin çıkarlarını koruyacak ve artırabileceklerdir.

Ziraat Odaları

Ziraat Odaları, çiftçilerin mesleki örgütüdür ve kamu kurumu niteliğindedir. Türkiye'de 738 Ziraat Odasında 5,4 milyon çiftçi örgütlenmiştir.

Ziraat Odaları 1957 yılında kabul edilen 6964 sayılı "Ziraat Odaları Ve Ziraat Odaları Birliği Kanunu"na göre kurulup, çalışmaktadır. Değişik yıllarda (2004,2010) kanunun bazı maddeleri değiştirilmiştir. 2004 yılında Ziraat Odalarının görev alanları genişletilerek; tarımla ilgili laboratuvar kurmak, bitki hastalıklarıyla mücadele, ilaçlama yerleri kurmak, zirai ilaç, veteriner ilaçları, gübre, tohum için satış yerleri, çiftçi danışma merkezleri oluşturmak yetkisi verilmiştir.

Ziraat Odaları en az ondört seçim çevresi olan ilçelerde kurulur. Odası olmayan ilçeler, en yakın ilçenin Ziraat Odasının çalışma alanı içine alınabilir. Ziraat Odalarının üst örgütü Ziraat Odaları Birliği'dir. Ziraat Odalarına çiftçilikle uğraşan gerçek ve tüzel kişiler üye olabilir.

Ziraat Odalarının görevleri şunlardır (Özçelik, 2020):

- Tarım ve çiftçilikle ilgili haber ve bilgileri, toplamak, istatistiki çalışmalar yapmak, yayınlamak
- Kamu ve özel kurum ve kuruluşlara faaliyet konularıyla ilgili önerilerde bulunmak, ilgili komisyonlara (ticaret, sanayi odaları, borsa, hal, mezbaha gibi) temsilci göndermek
- Tarımla ilgili mevzuat oluşturulması ya da değişikliği hakkında Ziraat Odaları Birliği'ne önerilerde bulunmak
- Tarım ve kırsal kesimin kalkınması için her türlü eğitim, yayım ve danışmanlık faaliyetlerinde bulunmak
- Çiftçi kayıtlarını tutmak, çiftçilikle ilgili bilgi ve belgeleri düzenlemek ve istendiğinde çiftçilere vermek
- Çiftçilerin tarımsal girdi teminiyle ilgili her türlü faaliyette bulunmak
- Yurt içi ve dışı fuar, sergi, müsabaka düzenlemek ve katılmak
- Meslek ihtilaflarında hakem olmak, mahkemelere bilirkişi göndermek
- Yurtiçi ve yurt dışındaki diğer meslek odaları ve kuruluşlarla işbirliği yapmak

- Laboratuvar, müze, örnek tarım işletmeleri, çiftçi danışmanlık merkezleri kurmak, sulama, kurutma, ağaçlandırma, toprak koruma ve verimliliği artırmak konularında çalışmalar yürütmek
- Kuruluş amacına uygun kooperatif ve şirket kurmak, katılmak ve sigorta acenteliği yapmak
- Odalara kayıtlı muhtaç çiftçi çocuklarının eğitim, ihtisas ve stajları için burs vermek
- Sosyal amaçlı çalışmalara destek olmak
- Tarımla ilgili kurs, toplantı, konferans düzenlemek.
- Ziraat Odalarının Organları; Oda Genel Kurulu, Oda Meclisi, Oda Yönetim Kurulu'dur.

Avrupa Birliği'nde Çiftçi Örgütlenmesi

Avrupa Birliğinde üye ülkeler için tarımda tek bir örgütlenme modeli bulunmamaktadır. Her ülkenin kendine göre bir tarımsal örgütlenmesi vardır.

Avrupa Birliği'nin tarımda gelişmiş ülkelerinde, üretimden hasada, paketlemeden ürün işlemeye, pazarlamadan finansmana kadar tüm aşamalarda üretici örgütleri yer almakta, pazarın tek taraflı oluşmasının önüne geçerek, gerek üreticilerin gerekse tüketicilerin hak ve çıkarlarını korumaktadırlar (Erkmen, 2013).

Avrupa Birliği'nde; kooperatifler, gruplar, birlikler ve topluluklar ekonomik nitelikli örgütleri oluşturmaktadırlar ve bunların üst kuruluşları COGECA (AB Tarımsal Kooperatifler Genel Konfederasyonu) ile COPA (AB Tarım Organizasyonları Konseyi) dır. Mesleki nitelikli örgütler ise Ziraat Odaları, Çiftçi birlikleri, Branş Birlikleri, Sendikalar olup bunların üst örgütleri; CEJA (Avrupa Genç Çiftçiler Konseyi, EFA (Tarım İşçileri Sendikası Avrupa Federasyonu), CEA (Avrupa Tarım Konfederasyonu) dur (Yercan, 2007).

AB örgütlenme alanında 150 yıllık bir geçmişe sahiptir. Gelişmiş ülkelerin en önemli özelliklerinden biri de örgütlü toplum olmalarıdır. Almanya'da her dört kişiden birisi kooperatif ortağıdır.

AB'nde üretici örgütlerine verilen görevler üründen ürüne ya da politikalara göre değişmektedir. Üretici örgütleri üretimi talebe uydurmak için planlama, kaliteli ve standart ürün üretmek, ürünlerin satışı, üretim maliyetlerinin azaltılması, piyasada fiyat istikrarı sağlamak, destekleme, depolama, girdi gibi yardımları dağıtmak, üyeleri ve üretimlerini kayıt altına almak, çevre koruma, doğal kaynakların sürdürülebilirliği, kırsal kalkınma gibi görevler üstlenmektedirler.

AB'nde kooperatifler tarımsal girdi ve ürün pazarında genellikle %50'nin üzerinde paya sahiptirler.

Sonuç

Ortak çabayı gerektiren bir amaca ulaşabilmek için iki veya daha fazla kişinin isteyerek etkinliklerini ve güçlerini koordine etmeleri örgütü oluşturmaktadır. Kişiler örgütlere katılarak; ekonomik, sosyal, kültürel ve politik beklentilerini karşılarlar. Örgütlenen bireyler, birlikte karar alırlar, sorumluluk taşırlar ve gerekli yönetim ve faaliyet mekanizmalarını oluştururlar. Amaçlara ulaşmak, verimliliği artırma, kaynakların etkin kullanımı, yapılamazı yapılabilir duruma getirmek, kamuoyu yaratmak örgütlenmenin en önemli çıktılarındandır.

Gelişmiş toplumlarda örgütlenme yaygın ve etkilidir. Türkiye'de tarım kesiminin çeşitli yapısal, ekonomik ve sosyal sorunlarının çözümünde örgütlenmeden yararlanmak gerekir. Tarımcılar örgütlenerek; üretimin artırılması, ürün kalitesinin yükseltilmesi, gelirlerinin ve yaşam

standartlarının artışı, politika mekanizmalarını etkilemek, girdi ve ürün pazarında rekabet gücü sağlamak, maliyeti düşürmek, verimli, karlı ve rasyonel çalışmak gibi pek çok yarar sağlayabilirler.

Türkiye'de tarım kesiminin örgütlenme yapısı dört kısımda ele alınabilir:

a) Ekonomik ve Sosyal Amaçlı Örggötürme birlikleri, sulama birlikleri.

b) Mesleki Örgü

c) Kamusal Örgütle

d) Gönüllü Kuruluş

Türkiye'de en yaygın ve etkili çiftçi örgütleri tarımsal amaçlı kooperatifler ile üretici birlikleridir. Nüfusun dünyada %14, Avrupa Birliğinde %20, Türkiye'de %10'u kooperatif ortağıdır. Türkiye'ye tarım kesimi sorunlarının çözümünde mutlaka etkili bir şekilde kooperatif örgütlenmeden yararlanmak durumundadır. Kooperatiflerde birlik, merkez birliği ve ulusal birlik düzeyinde üst örgütlenme sosyal ve ekonomik yararlar sağlamaktadır. Başlangıçta çok amaçlı tarımsal amaçlı kooperatifler, ülkenin gelişmesiyle de ihtisaslaşmış tek amaçlı kooperatifçilik yaygınlaşmaktadır.

Çiftçiler ürün ya da ürün grupları itibariyle üretici birlikleri kurarak üretimi planlamak, ürün kalitesini iyileştirmek, ürünlerin pazarlama nitelik ve güçlerini artırabilirler.

Çiftçilerin mesleki örgütü ise Ziraat Odaları'dır.

Avrupa Birliği'nde üye ülkelerde tek tip tarımsal örgütlenme modeli yoktur. Her ülke kendi yapısına uygun bir örgütlenme şekli oluşturmuştur. Hem AB hem de ABD'nde çiftçi örgütleri oldukça güçlü olup etkindirler. Örneğin kooperatiflerin girdi ve ürün pazarlamada %50 ve daha fazla pazar payları vardır.

Kaynaklar

Anonim, (2015). Örgütlenme ilkeleri. url: www.frmtr.com/felsefe-sosyoloji-psikoloji/5655580-orgutlenme-ilkeleri.

Anonim, (2022). url: www. tarimkredi.org

Aydın, M. (1984). *Örgütlerde Çatışma.* Bas-Yay Matbaası, Ankara.

Çıkın, A. (2016). *Bir Başkadır Kooperatifçilik*. Kanyılmaz Matbaacılık, İzmir.

Duymaz, İ. (1986). *Kooperatif İşletme Ekonomisi ve Yönetimi.* Bilgehan Basımevi, İzmir.

Erkmen,, E., (2013). **Avrupa Birliği'nde Üretici Örgütleri Ve Uyum İçin Öneriler**, url: http://tarımsalorgut.blogspot.com.tr, Erişim Tarihi: 01.05.2015

GTHB, (2012). Tarımsal kalkınma kooperatifi ana sözleşmesi, Ankara.

Güneş, T. (1985). A comparative study of agricultural cooperatives and their marketing functions on foreign trade in Turkey and in The United States of America. Turkish Cooperative Association Publication, number: 63, Ankara.

Hazar, N. (1988). *Kooperatifçilik Tarihi*. 2. Baskı, T.C. Ziraat Bankası Yayını no:21, Ankara.

Hazar, N. (1996). *Kooperatifçilik Dersleri.* TKK Yayın no: 4, Ankara.

Hasanoğlu, M.K. (2004). Türk Kamu Yönetiminde Örgüt Kültürü ve Önemi. *Sayıştay Dergisi*, sayı:52, sayfa: 43-60.

ICA. (1995). Review of Interntional co-operation, *XXXI ICA Congress*, Volume:88, No:3, Manchester.

İnan, İ.H. (2004). *Türkiye'de Tarımsal Kooperatifçilik ve AB Modeli*. İstanbul Tic. Odası Yay.No:2004-40, İstanbul.

İnan, H. Ve ark. (2000). Türkiye tarımında kırsal kesim örgütlenmesi. V. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Teknik Kongresi. 17-21.01.2000. Ankara.

Mülayim, Z.G., (2013). *Kooperatifçilik.* Yetkin Yayınları, Ankara.

Özçelik, A. (1984). Yeni kurulacak birim tarım kooperatifinde ön araştırma yapılması, *Karma Dergisi*, sayı: 571, Ankara.

Özçelik, A. (1985). Türkiye'de tarımsal amaçlı kooperatiflerde üst örgütlenme ve önemi. *Karınca Dergisi.* Sayı: 579, Ankara.

Özçelik, A. (2020). *Tarımda Örgütlenme ve Kooperatifçilik*. A.Ü. Ziraat Fak. Yayın No: 1651, Ankara.

Rehber, E., (2011). *Kooperatifçilik*, Ekin Yayınları, Bursa.

T.C. Resmi Gazete. (2004). Tarımsal Üretici Birliklerinin Kuruluş Usul ve Esaslarına İlişkin Yönetmelik.

GTB, (2017). T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı. Türkiye Kooperatifçilik Raporu.

Turan, M., (2013). AB Ve Türk Tarımında Örgütlenme, A.Ü. Fen Bil. Enst. Dönem Projesi.

Yercan, M. (2007). Türkiye ve Avrupa Birliği'nde tarımın örgütlenme deseni ve tarımsal kooperatifler. *Tarım Ekonomisi Dergisi.* 13(1), s:19-29.

Yumurta Akı Proteinleri ve Fonksiyonel Özellikleri

Cemalettin SARIÇOBAN[1]
Büşra Nur GÜNDOĞAN[2]

1.Giriş

Yumurta, din ve etnik grup fark etmeksizin dünya çapında yaygın olarak tüketilen mükemmel korunmuş biyolojik gıdalardan biridir (Abeyrathne, Lee, & Ahn, 2013). İnsan beslenmesinin temelinde yer almaktadır. İşlevsel özellikleri ve besin öğeleri bakımından dikkat çekici özelliklere sahiptir (Stadelman & Cotterill, 1995). Günümüzde yumurta uluslararası ticarette yaygın olarak dağıtılmaktadır, bu nedenle yumurta endüstrisi dünya gıda endüstrisinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Mine, 2002). Yumurtaların potansiyel bir metabolik avantajı da kan şekerinde veya insülin seviyelerinde bir artışa neden olmadan enerji sağlamaları ve böylece sıklıkla yorgunluk ve genel bir enerji eksikliği ile ilişkilendirilen kan şekerindeki potansiyel düşüşü engellemeleridir (Pelletier & ark., 1996; Villaume & ark., 1986).

'Yumurta' kelimesinden, halk arasında genellikle tavuk yumurtası anlaşılmaktadır. Diğer kanatlı hayvanların yumurtalarından söz edileceğinde ise, o hayvanın türü (bıldırcın yumurtası, kaz yumurtası, ördek yumurtası, vb.) belirtilmektedir. Günümüzde yumurtasından faydalandığımız evcil tavukların (*Gallus gallus domesticus*) atalarının yabani tavuklar olduğu bilinmektedir (Şamlı & Okur, 2016). Tavuk yumurtası, asırlardır insan tüketiminin önemli bir parçasıdır ve dünya genelinde kullanılan birkaç gıdadan biridir (Mine, 2002).

Kabuk, ak (beyaz) ve sarı kısımlardan oluşan yumurta; A, D, E, K ve B vitaminlerince zengindir. Ayrıca demir, fosfor ve iz mineraller açısından özellikle büyüme çağındaki çocuklarda kritik öneme sahiptir (Açıkgöz & Önenç, 2006). Yetişkin bir bireyin günlük ihtiyacı olan esansiyel besin öğelerini de içermektedir ve beynin normal gelişiminde çok önemli rol oynamaktadır (Açıkgöz & Önenç, 2006; Miranda & ark., 2015) Yumurta, çeşitli vitamin ve minerallerin yanı sıra sindirilebilirliği yüksek proteinler içermektedir (Fisinin, Papazyan, & Surai, 2008). Tavuk yumurtası proteinleri, jelleşme, köpürme (yumurta akı) ve emülsifiye etme (yumurta sarısı) gibi benzersiz fonksiyonel özelliklere sahiptir (Mine, 2002). Yumurtanın içerdiği proteinin; yüksek kaliteli olması nedeniyle kimyasal skorunun %100, tüketimi sonucunda vücutta sindirilebilme oranının %97 ve sindirim sonrası vücut dokularına dönüşüm oranının yani biyolojik skorunun ise %94 olduğu bildirilmiştir (Yalçin & Yalçin, 2013). Bu oranlar diğer gıdalara göre oldukça yüksektir (Şamlı & Okur, 2016). Yumurta proteinleri diğer gıda proteinlerinin kalitesini ölçmek için genellikle standart olarak kullanılmaktadır (Yüceer, 2022). Ayrıca oldukça kaliteli bir protein kaynağı olmasına rağmen düşük kalorili (75 kcal) bir gıdadır (Şamlı & Okur, 2016). Tavuk yumurtası proteinleri, birçok gıda için arzu edilen bileşenlerdir (Mine, 2002). Yumurtalar, gıda kullanımlarına ek olarak, insan sağlığını iyileştirmek ve diğer gıda dışı uygulamalar için kullanılabilecek bir kısım biyoaktif bileşen içermektedir (Wu, 2014). Lizozim, ovomusin, avidin, fosfolipidler, ovotransferrin, antikor ve sialik

[1] Prof. Dr., Selçuk Üniversitesi, Orcid No: 0000-0001-9898-0884

[2] Selçuk Üniversitesi, Orcid No: 0000-0002-5122-8000

asit gibi biyoaktif yumurta bileşenlerinin ekstraksiyonu ve fraksiyonlanması ve yumurta proteinlerinden biyoaktif peptitlerin geliştirilmesi, yumurta bileşenlerinin yeni uygulamalarında büyük avantajlar sunmaktadır. Özellikle yumurta akı, en iyi protein kaynağı olarak kabul edilmektedir, ve birçok işlenmiş gıdanın üretimi esnasında köpük oluşturma, hacim artırıcı, jelleşme sağlayıcı, bağlayıcı, gibi farklı amaçlarla sıvı veya toz formunda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Huopalahti & ark., 2007). Yumurtaların ayrıca benzersiz bir renk ve tat gibi birçok gıda ürününde önemli olan birçok fonksiyonel özelliği bulunmaktadır (Abeyrathne & ark., 2013). Yumurtaların önemli özellikleri, onları erişte, mayonez, kekler, formüle et ürünleri ve şekerlemeler gibi gıdalarda yararlı bileşenler yapan yumurta bileşenlerinin özelliklerini ifade eden 'işlevsel özellikler'dir (Mine, 2002).

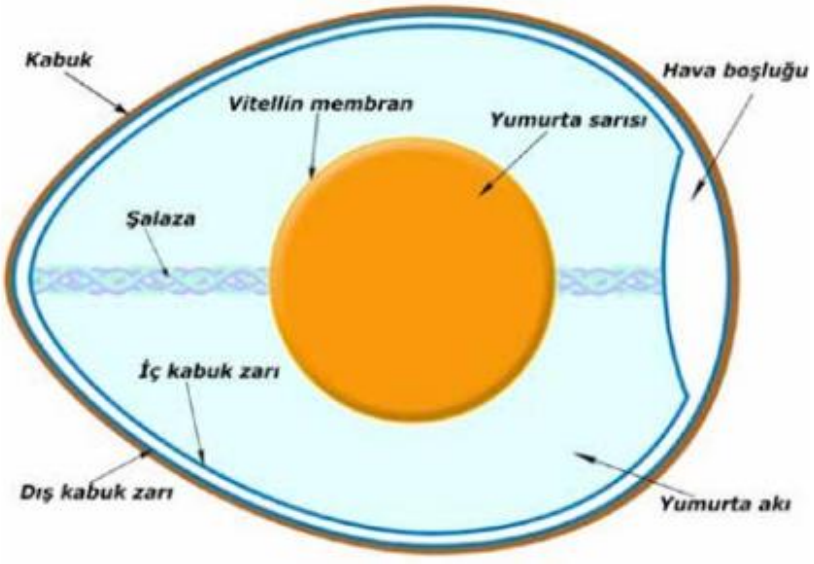
Son yıllarda tüketicilerin sağlıklı beslenme bilincinin iyileşmesi, beklentilerinin artması gibi nedenlerden dolayı tüketiciler gıdalardan beslenmenin dışında birtakım faydalar görmeyi de beklemektedir. Fonksiyonel gıdalar, temel beslenmeye ek olarak sağlığa fayda sağlayabilen gıdalar olup tüketici talepleri doğrultusunda her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır (Hasler & Brown, 2009). Yumurta, doğal bir fonksiyonel gıda olarak görülmektedir. Ayrıca, günümüzde ihtiyaçlar göz önünde bulundurulduğunda, yumurtanın biyoaktif ve biyoyararlılığa sahip bileşenlerinin saflaştırılması sonucu farklı sektörlerde/ürünlerde kullanılmaktadır (Açıkgöz & Önenç, 2006).

Yumurta işleme prosedürlerini geliştirmek ve ürünlerin kalitesinin iyileştirilebilmesi için yumurtanın özelliklerinin daha iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu bölümde, yumurtanın yapısı ve kimyasına genel bir bakış sağlanacak ve ardından yumurta akı protein işlevselliğine değinilecektir.

2. Yumurtanın Özellikleri

Yumurtanın fiziksel yapısı

Yapısal olarak yumurta dıştan içe doğru; kabuk, zar, yumurta akı (albümin) ve sarısından oluşmaktadır (Şekil 1). Yumurtanın ağırlığı, ortalama 50-60 gramdır ve bu oranın %9-10'unu yumurta kabuğu, %60'ını yumurta akı ve %30-33'ünü yumurta sarısı oluşturmaktadır (Abeyrathne & ark., 2013; Roberts, 2004; Vural, 1992). Yumurta sarısı, yumurtanın merkezinde bulunmaktadır ve albumin tabakası yumurta kabuğu zarları ve son olarak sert bir yumurta kabuğu ile kaplıdır. Yumurta kabuğunun dış kısmında ince mumsu yapıda olan kutikula tabakası bulunmaktadır (Hincke & ark., 2012).



Şekil 1. Yumurtanın iç kısımları

Yumurta kabuğu, yumurtayı çevreleyen ve koruyan kütikula zarı, kalsiyum karbonat tabakası ve çift katlı kabuk altı zarlarından oluşmaktadır (Österström & Lilja, 2012).

Kutikula, yaklaşık 10 μm kalınlığındadır ve yumurta kabuğunun dış kısmını çevreleyen bir tabakadır. Yumurta kabuğundaki gözenek kanallarını kaplamaktadır. Yumurtayı nem kaybından ve mikroorganizmaların istilasından bir dereceye kadar korumaktadır (Board & Halls, 1973). Kutikula tabakası, yumurtada bakteriyel kontaminasyonu engelleyici bariyerler arasında görülmektedir. Araştırmacılar, yumurtaların yıkanması ile kütikula tabakasının aşındığını ve zarar gördüğünü ifade etmektedirler (Stadelman & Cotterill, 1995).

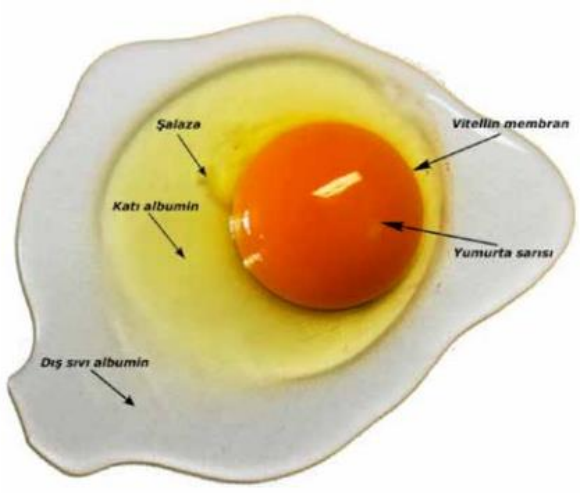
Yumurta kabuğu, yumurtanın dış kısmında bulunan, yumurtaya şekil veren yapıdır (Şenköylü, 2001). Fiziksel hasara, mikroorganizmalara ve küçük yırtıcılara karşı koruma sağlamaktadır (Hincke & ark., 2012). Ortalama ağırlığı 5-6 g ve kalınlığı 300-350 μm civarındadır. Yumurta kabuğu, yumurta içeriğinin korunmasında, dış ortam ile gaz ve su alışverişinde önemli bir rol oynamaktadır (Österström & Lilja, 2012). Kabuklu yumurtanın bünyesindeki albüminin çevresi kabuğun iç kısmında bulunan zar ile çevrelenmiş haldedir. Bu zar kendi içinde iç ve dış olarak iki kısımda incelenmektedir. Dış kabuk zarı yumurtanın kabuğuna, iç zar ise albümine yapışık bir halde bulunmaktadır (Park & ark., 2003). Dış kısımdaki kabuk zarı, içtekinin üç katı kalınlıktadır (Şenköylü, 2001). İç zarın yapısında musin ve fibrin gibi protein yapıları bulunmaktadır (Park & ark., 2003). Yumurta kabuğu zarları, birbirine dolanmış iplikler veya rastgele örülmüş ağlar gibi bir yapıya sahiptir. Bu yapı, istilacı mikroorganizmaları ağ örgüsü içinde yakalayarak engellemede önem arz etmektedir. Yumurta kabuğu, yumurta kalitesini belirlemede kritik öneme sahiptir ve patojenlere karşı bir savunma hattı oluşturmaktadır (Wu, 2014). Ayrıca yumurtanın kurumasını engellemektedir (Şenköylü, 2001). Yumurtanın depolama sürecinin uzamasıyla birlikte yumurta kabuğunda bulunan porlardan hava girmekte ve bu durumun sonucunda kabuk zarları arasında bulunan hava boşluğu genişlemektedir (Yaşkır, 2019).

Yumurtanın bünyesinde bulunan şalaza, yumurtanın sarısının yumurtanın merkezinde asılı bir şekilde bulunmasını sağlamaktadır. Yumurtanın ekseni boyunca uzanarak iç zar ile birleşmiş haldedir (Musgrove, 2004).

Yumurta akı, 4 katmandan/yapıdan oluşmaktadır (Şekil 2). İçten dışa doğru sıralaması şu şekildedir:

- Vitellin membran ve şalaza
- İç sıvı albumin,
- Katı albumin,
- Dış sıvı albümin (Şamlı & Okur, 2016).

Taze bir yumurta kırılıp incelediğinde, katı albumin tabakası bulutlu bir görünüm sergilemektedir. Bunun sebebinin yapısındaki karbonik asit olduğu bildirilmiştir. Karbonik asit; katı albuminin sıvı albumine dönüşmesini önleyen önemli faktörlerden biri olup, 12 saat sonra yumurtadan buharlaşarak büyük oranda uzaklaşmaktadır. Katı albumin tabakasında bakteriyosidal özellikli bir enzim olan lizozim bulunmaktadır ve bu enzim bakterilerin yumurtanın iç kısmına geçişini engellemektedir (Şenköylü, 2001).



Şekil 2. Kırılan taze bir yumurtanın kısımları

Vitellin tabakası, yumurta sarısının etrafını çevreleyen ince bir zardır ve yumurtanın depolama süresinin uzaması ve yumurtanın bayatlaması sonucu zayıflayarak yapısını kaybetmektedir. Bu durum albüminden yumurta sarısına olan su geçişi ile yumurta sarısının hacminin artmasına bağlı olarak gelişmektedir (Kirunda & McKee, 2000). Yumurta sarısı; vitellin membran ile çevrelenmiş, sarı- koyu sarı renkli madde olup yumurtanın merkezinde bulunmaktadır (Anton, Nau, & Nys, 2006).

Yumurtanın kimyasal özellikleri

Yumurta, civciv embriyosunun gelişimi için gerekli olan bütün besin maddelerini ve gelişim faktörlerini bünyesinde bulunduran tek gıda maddesidir. Yumurta; yağ, protein, vitamin ve mineraller bakımından oldukça zengin bir içeriğe sahiptir (Vural, 1992). Genel olarak; yumurta akı protein kaynağı, yumurta kabuğu mineral kaynağı ve yumurta sarısı yağ açısından önemli ve fonksiyonel bir biyoaktif bileşen olarak görülmektedir (Anton & ark., 2006). Yumurtanın yüksek biyoyararlıklı kolin içeriği sayesinde çocukların beyin gelişiminde etkili olduğu, aynı zamanda hafızayı güçlendirmesi yönünden yaşlanmaya bağlı hafıza kaybı riskini azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca bünyesinde bulunan ksantofil pigmenti sayesinde kanser ve katarakt riskini azaltmaktadır (Anton & ark., 2006; Yüceer, Temizkan, & Caner, 2012). Araştırmacılar, yumurtada mevcut olan kolin bileşeninin meme kanseri riskini azaltabileceğini bildirmektedir (Mosby & ark., 2012). Yumurta akı proteinleri, dengeli ve birbiriyle orantılı esansiyel amino asit içeriği sayesinde vücutta hemen hemen tamamen kullanılabilmektedir (Demirci, 2011; Şenköylü, 2001). Yumurta akının protein oranı, yumurta sarısına oranla daha düşüktür. Ancak, miktar olarak akında daha fazladır. (Kovacs-Nolan, Phillips, & Mine, 2005). Yumurtanın besin değeri içeriği Tablo 1'de verilmiştir.

Yumurta kabuğu oransal olarak, %94 kalsiyum karbonat ($CaCO_3$), %1 magnezyum karbonat ($MgCO_3$), %1 kalsiyum fosfat ($Ca_3(PO_4)_2$) ve %4 organik maddelerden oluşmaktadır (Şenköylü, 2001).

Tablo 1. Yumurtanın kompozisyonu (100 g)

Bileşen	Bütün Yumurta	Yumurta Akı	Yumurta Sarısı
Protein	12.0	10.5-10.4	16
Karbonhidrat	1.0	0.5-0.6	0.6
Yağ	10.9	0.2	32.6
Kül	1.0	0.8	1.7

Bütün yumurta su, proteinler, lipidler, karbonhidratlar ve minerallerden meydana gelmektedir. Yumurtada bulunan proteinler yumurta akı ve sarısının her ikisinde de bulunurken lipidler büyük oranda yumurta sarısında bulunmaktadır, yumurta akında çok düşük miktardadır (Abeyrathne & ark., 2013).

Yumurta akı, yaklaşık olarak %88 su, %10.5-10.6 protein, %0.5-0.6 karbonhidrat, %0.2 yağ ve %0.8 kül içermektedir (Campbell, Raikos, & Euston, 2003; Li-Chan, Powrie, & Nakai, 2017). Yumurta akının oransal olarak düşük bir miktarını oluşturan karbonhidratlar ya serbest halde ya da proteinle birlikte bulunmaktadır. Yumurta akında bulunan lipit miktarı, yumurta sarısında bulunan miktarla karşılaştırıldığında ihmal edilebilir düzeydedir (Li-Chan, Powrie, & Nakai, 2017).

Yumurta sarısı, yumurtanın toplam ağırlığının yaklaşık %36'sını oluşturmaktadır. Yaklaşık olarak, %51 su, %16 protein, %32.6 lipid, %1.7 mineral ve %0.6 karbonhidrattan meydana gelmektedir (Huopalahti & ark., 2007). Yumurta sarısında bulunan protein, lipovitellinler (%36), livetinler (%38), fosvitin (%8) ve düşük yoğunluklu lipoproteinlerden (%17) oluşmaktadır (Abeyrathne & ark., 2013). Kuru maddede yumurta sarısı; %68 düşük yoğunluklu lipoprotein, %16 yüksek yoğunluklu lipoprotein, %10 globüler proteinler (livetinler), %4 fosfoprotein (fosvitin) ve %2 minör proteinlerden oluşmaktadır (Huopalahti & ark., 2007). Yumurta sarısının sarı- koyu sarı rengi, başta karoten ve ksantofiller olmak üzere lipidlerin yaklaşık %1'ini oluşturan karotenoidlerin mevcudiyetinden ileri gelmektedir (Anton, 2007). Yumurta sarısı proteini apovitellenin, apoproteinler, fosvitin, α- ve β- lipovitellin, α-livetin (serum albümin), β-livetin (α2-glikoprotein), γ-livetin (γ-globulin) ve eser miktarda biyotin bağlayıcı protein içermektedir (Li-Chan, Powrie, & Nakai, 2017; Mine, 2002). Lipitler, lipoproteinler şeklinde bulunmaktadır ve genellikle yaklaşık olarak %62 trigliserit, %33 fosfolipit ve %5'ten az kolesterolden meydana gelmektedir (Anton, 2007). Yumurta sarısı; A, D, E ve K vitaminlerini, yumurta akı; B1 ve B12 vitaminlerini bünyesinde bulundurmaktadır. B2 ve B9 vitaminleri ise hem yumurta sarısında hem de yumurta akında bulunmaktadır. Yumurta sarısında bulunan fosfolipidlerin, beyin gelişimi ve kanserin önlenmesi için önemli bir besin maddesi olarak kabul edilen fosfatidilkolin açısından oldukça zengin olduğu rapor edilmiştir (Zeisel, 1992). Yumurta sarısından antikor, lipoprotein, sialioligosakkaritler, sialik asit, fosvitin, fosfolipit ve yumurta sarısı yağı elde edilebilmektedir. Sanayide yumurta sarısı, antikor üretiminde yıllardır kullanılmaktadır. Ek olarak fosvitin, demiri bağlama özelliği ve antioksidan kapasitesi ile demir ve bakır katalizörlüğündeki fosfolipit oksidasyonlarını engellemektedir. Bu açıdan yumurta sarısında bulunan fosvitin, doğal bir antioksidan olarak görülmektedir ve uzun raf ömrü amaçlanan ürünlerde yararlanılmaktadır. Lipoprotein, yumurta sarısının emülsiyon kapasitesi bakımından önemli görülmektedir. Sialik asit ve sialioligosakkaritlerin bakteri ve virüslere karşı inbitör etkisi kanıtlanmıştır. Ayrıca, yumurta sarısında bulunan fosfolipidlerden, mikrokapsül üretimi ve eczacılıkta yüzey aktif bileşen olarak yararlanılmaktadır (Anton & ark., 2006).

3. Yumurta Akı Proteinleri ve Özellikleri

Yumurta proteini yüksek biyoyararlılıkta olup ideal kas gelişiminde ve kilo kontrolünde oldukça önemli faydaları bulunmaktadır. Ayrıca bebeklerde düşük doğum ağırlığını azaltma açısından önemlidir (Anton & ark., 2006; Yüceer & ark., 2012). Yaşlı kadınlar üzerinde yapılan bir araştırmada, kadınların 2 hafta boyunca çoğunlukla bitkisel proteinden oluşan bir diyet tükettiklerine kıyasla, çoğunlukla hayvansal protein diyeti tükettiklerinde daha fazla net protein sentezi olduğu rapor edilmiştir (Pannemans & ark., 1998). Yumurtada yumurta akı, biyoaktif bileşenlerin mevcut olduğu kısımdır (Ledesma-Hernandez & Hsieh, 2013).

Yumurta akı genellikle yaklaşık %9.7-10 oranında protein içermektedir (Campbell & ark., 2003). Yumurta akının yapısında 40 farklı çeşit protein bulundurduğu rapor edilmiştir (Tanabe, Tesaki, & Watanabe, 2000). Yumurta akında en bol bulunan ve fonksiyonel açıdan en değerli görülen proteinler ovalbümin, konalbümin, ovomucoid ve lizozimdir (Campbell & ark., 2003; Tanabe& ark., 2000). Ovalbümin yumurta akının ana proteinidir ve yumurta akı proteinlerinin

yaklaşık olarak %54'ünü oluşturmaktadır. Ovotransferrin (konalbümin) ve ovomucoidin oranları sırasıyla yaklaşık olarak %12 ve %11 olarak belirlenmiştir. Diğer proteinler ovomusin, ovoglobulin, lizozim, ovomakroglobulin, ovoglikoproteinler, flavoprotein, ovoinhibitör, sistatin ve avidindir (Li-Chan, Powrie, & Nakai, 2017). Başlıca yumurta akı proteinlerinin yumurta akı içerisindeki oranları, izoelektriki noktada pH'ları, denatürasyon sıcaklıkları ve bazı fizikokimyasal özellikleri Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Başlıca yumurta akı proteinlerinin bileşimi ve bazı fizikokimyasal özellikleri (Gossett, Rizvi, & Baker, 1984; Johnson & Zabık, 1981; Yüceer et al., 2012)

Protein	Yumurta akı içerisindeki oranı (%)	p*I*	Td (8°C)	Özellikleri
Ovalbumin	51-54	4.5	71.5	Fosfoglikoprotein
Ovotransferrin (Konalbumin)	12	6.1–6.6	57.3	Metal iyonları bağlar
Ovomucoid	11	3.9–4.3	ND	Tripsini inhibe eder
Ovomucin	3.5	4.5–5.0	ND	Gikoprotein; viskoz
Lizozim	3.4–3.5	10.7	81.5	Bazı bakterileri lize eder
Ovoflavoprotein	0.8	4.0–4.1	69–72	Riboflavini bağlar
Ovomacroglobulin	0.5	4.5–4.7	69–72	Glikoprotein
Ovoinhibitor	1.5	5.1–5.2	69–72	Tripsin ve kimotripsini inhibe eder
Ovoglycoprotein	1.0	3.9	69–72	Glikoprotein
Avidin	0.5	9.5–10.0	ND	Biyotini bağlar

p*I*, izoelektrik nokta; Td, denatürasyon sıcaklığı; ND, belirlenmedi

Yumurta akı proteinleri fonksiyonel önemleri ile tanınmaktadırlar. Her proteinin birçok fonksiyonel özelliği vardır ve proteinler çeşitli yöntemlerle yumurta akından ayrılabilmektedir. Yumurta akı bileşenlerinin her biri belirli bir fonksiyonu yerine getirmektedir ve bu yüzden önemli bir protein karışımı olarak görülmektedir. Yumurta proteinlerinin çeşitli biyoaktif fonksiyonları vardır. Globulinler, köpük oluşumuna yardımcı olurken ovomusin-lizozim kompleksi, oluşturulan köpüğe stabilite vermektedir. Bu durumun hem ovalbümin hem de konalbüminin ısısal stabilitesi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Yüceer, 2022).

Herhangi bir protein kaynağının kalitesi, amino asit bileşimine ve o proteinin sindirilebilirliğine bağlı olmaktadır. Genellikle, yumurta gibi hayvansal proteinler, daha yüksek esansiyel amino asit lizin, treonin, valin, izolösin, lösin, metionin, fenilalanin, triptofan ve histidin seviyeleri nedeniyle bitkisel bazlı proteinlere nispeten daha kaliteli protein sağlamaktadır (Lupton & ark., 2002).

Sadece yumurta akı proteinleri değil, aynı zamanda hidrolize ürünleri de birçok fonksiyonel özelliğe sahiptir. Yumurta akı proteinleri, farklı koşullar altında çeşitli enzimler kullanılarak hidrolize edilebilmektedirler. Son birkaç on yılda, sağlık üzerinde yararlı etkileri olan çok sayıda fonksiyonel peptit geliştirilmiştir. Bu işlevsel olarak aktif peptitler, pepsin, tripsin ve α-kimotripsin gibi enzimlerle üretilmektedir (Abeyrathne & ark., 2013). Bazı araştırmacılar yumurta akını enzimatik hidroliz için bir substrat olarak kullanarak biyoaktif peptitler üretmişlerdir. Chiang & ark. (2006), yumurta akını hidrolize etmek için thermolysin kullanmışlar ve ACE'nin aktivitesini engelleyebilen biyoaktif peptitler üretmişlerdir.

Yumurta birçok fonksiyonel protein içermektedir ve fonksiyonel özellikleri çok iyi bilinmektedir. Bununla birlikte, yumurta proteinlerinin endüstri tarafından pratik kullanımı oldukça sınırlıdır. Yumurta akı proteinlerinin ayrıştırılması uzun yıllardan beri yapılmaktadır fakat hala yeni, basit, ekonomik ve daha iyi verim ve saflığa sahip ardışık yöntemler ortaya çıkmaktadır. Ayrılan proteinler esas olarak gıda ve ilaç endüstrilerinde kullanılmaktadır (Abeyrathne & ark., 2013).

Ovotransferrin, ovalbümin, ovomucoid ve ovomusinden türetilen peptitler sitotoksik, antikanser, immünomodülatör, ACE inhibitörü, antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteler göstermektedir ve farmasötik, nutrasötik ve gıda endüstrilerinde kullanım için yüksek potansiyele sahiptir. Yumurta akı proteinlerinin endüstriyel uygulamaları ve bunların enzim hidrolizatları, son yıllarda yumurta proteinlerinin kullanımına ilişkin bazı araştırmalar yayınlanmış olmasına rağmen, gelişme aşamasındadır (Abeyrathne & ark., 2013).

Sağlıklı, genç erkeklerde yapılan araştırmalar, fiziksel aktivite yokluğunda bile, bir amino asit takviyesi aldıktan sonra amino asitlerin artan mevcudiyeti ile kas kütlesinin arttığını göstermektedir (Paddon-Jones & ark., 2005). Artan protein veya amino asit alımı, iskelet kası proteininin bakımını, onarımını ve sentezini desteklemekte ve kas gücünü optimize edebilmektedir (Layman & Rodriguez, 2009).

Ovalbumin

Ovalbümin, izole edilen ilk proteinlerden biridir. İlk olarak 1900'lü yıllarda asit koşulları altında amonyum sülfat kullanılarak ayrıştırılmıştır (Chick & Martin, 1913; Hopkins, 1900) Tavuğun yumurta kanalında sentezlenen ovalbumin, toplam yumurta akı proteinlerinin %54'ünü oluşturmaktadır ve başlıca yumurta akı proteini olarak görülmektedir. İyi dengelenmiş amino asit bileşimine sahiptir ve bu nedenle birçok gıda maddesi için mükemmel bir protein kaynağı olarak kullanılabilmektedir. Yumurta akı proteinlerinin geri kalanı da esansiyel amino asitlerin önemli birer kaynağı olarak kabul edilmektedir (Abeyrathne & ark., 2013). Ovalbüminin bünyesinde; lösin, alanin, aspartik asit ve glutamik asit gibi amino asitler bulunmaktadır (Kovacs-Nolan & ark., 2005). Ovalbumin, yumurta akının ana alerjen bileşenidir (Fujita, Sasaki, & Yoshikawa, 1995). Ovalbuminin izoelektriki noktada pH'sı 4.5'tir ve denatürasyon sıcaklığı 71.5 ℃ olarak rapor edilmiştir (Johnson & Zabık, 1981).

Ovalbümin, arzu edilen fizyokimyasal özellikleri, fonksiyonel özellikleri ve biyouyumluluğu sebebiyle, gıda ve eczacılık sektörlerinde biyoaktif bileşik taşıyıcılar olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Wan & ark., 2022). Etki mekanizmasının, embriyonun bağışıklık sistemi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ovalbümin emülsifiye etme, jelleştirme ve köpürme özelliklerine sahip olan hem hidrofobik hem de hidrofilik gruplar bulundurmaktadır (Tang & ark., 2019). Köpürme, bazı gıdaların kalitesinde çok önemli olarak benimsenen, proteinin önemli işlevlerinden biridir (Nimalaratne & Wu, 2015). Ovalbumin temelde serbest tiyol (SH) grupları redoks durumunu düzenleyerek metal iyonlarını bağlamaktadır ve böylece antioksidan etki göstermektedir (Nimalaratne & Wu, 2015).

Ovalbuminin, ayrıldıktan sonra farmasötikler veya antimikrobiyal ajanlar olarak kullanılabileceği bildirilmiştir. İmmünolojik ve beslenme çalışmalarında önemli görülmektedir (Abeyrathne, Lee, & Ahn, 2014). Ovalbüminin ilaç taşıyıcı olarak güçlü bir potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (Abeyrathne & ark., 2013). Ovokinin, ovalbuminden elde edilmektedir. Tansiyonu ve kan basıncını düşürme etkisi göstermesi sebebiyle bazı tansiyon ilaçlarının üretiminde ovokininden yararlanılmaktadır. Ayrıca tümör gelişimini baskılayıcı etkisi olduğu rapor edilmiştir (Fujita & ark., 1995). Hidrolize ovalbüminin, güçlü bir ACE önleyici aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Miguel & ark., 2007).

Kabuklu yumurta içerisindeki S-ovalbumin miktarının içeriği analiz edilerek yumurtada tazelik indikatörü olarak kullanılabilmektedir (Huang & ark., 2012).

Ovomucoid

Ovomucoidin, yumurta akı proteinleri içerisindeki oranının yaklaşık olarak %11 olduğu bildirilmiştir (Johnson & Zabık, 1981). Disülfit bağlarıyla bağlı bir glikoprotein yapısındadır. Enzim hidrolizlerine ve sıcaklığa karşı stabil bir yapısı bulunmaktadır. Tanabe & ark. (2000), etanol solüsyonu (%20'lik) ile yumurta akından, %20'lik ovomucoid solüsyonu elde etmeyi başarmışlardır (Rabouille, Aon, & Thomas, 1989). Ovomucoid antimikrobiyal ve immünomodülatör olarak güçlü bir potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (Abeyrathne & ark., 2013). Tripsin gibi mikrobiyal gelişme için önem arz eden proteolitik enzimleri inhibe ettiği belirtilmiştir (Rabouille & ark., 1989). Ovomucoid, bazı insan popülasyonları üzerinde güçlü alerjenik etkilere sahiptir (Matsuda & ark., 1985). İzoelektriki noktada pH değerinin 3.9-4.3 olduğu bildirilmiştir (Johnson & Zabık, 1981).

Ovomucoid, yumurta akının işlevsel bir özelliği olan jel oluşturmasından sorumludur (Rabouille & ark., 1989). Ancak tek başına köpürme yeteneği çok azdır (Johnson & Zabık, 1981). Ovomucoidin, ilaç taşıyıcı ajan olarak kullanılabilen biyospesifik bir liganda sahip olduğu bildirilmiştir (Kovacs-Nolan & ark., 2005). İlaç sanayinde polimerik mikropartikül ve proteolitik aktivitesinden yararlanılmaktadır (Rabouille & ark., 1989).

Lizozim

Lizozim, yumurta akında bulunan bir diğer önemli proteindir. Doğal olarak, bulunan birçok lizozim formu vardır, ancak yumurtanın bünyesinde bulunan lizozim, aralarında en çözünür ve kararlı olması yönünden dikkat çekicidir. Yumurta akı proteinlerinin %3.4-3.5'unu oluşturmaktadır (Abeyrathne & ark., 2013). İzoelektriki noktada pH değeri 10.7'dir. Denatürasyon sıcaklığının 81.5 °C olduğu bildirilmiştir (Johnson & Zabık, 1981). Lizozim ilk olarak Alderton, Wabd, & Fevold, (1945) tarafından tanımlanmıştır. Ticari olarak saflaştırılabilmektedir. Lizozim, endüstri tarafından izole edilen ve kullanılan ilk yumurta akı proteinleri arasındadır (Abeyrathne & ark., 2013). Wan, Lu, & Cui (2006), ultrafiltrasyon yöntemi ile yumurta akından lizozimi izole ettiklerini rapor etmişlerdir. Çalışmada Biomax 30DKa membran ile separasyon işlemi yapılmış ve %80 verim ile %94 saflıkta lizozim elde etmişlerdir. Lee (2006), zeolit gibi bazı materyaller ile lizozimi tuzlu solüsyona adsorbe edilmesini başarmıştır. Yang, Chen, & Chang (1998) ise, zayıf anyonik reçine ile lizozimin yumurta akından izole edilmesini sağlamışlardır. Günümüzde bu tekniklere ek olarak kristalizasyon yöntemi ile lizozimin izole edilmesi ve saflaştırılması da sağlanabilmektedir. Günümüz ticari üretim prosesinde yumurta akının kolon içerisine yerleştirilmiş reçine üzerinden geçirilmesi yoluyla yumurta akı ve lizozim ayrılabilmektedir. Daha sonra elde edilen lizozim; ultrafiltrasyon, separasyon ve filtrasyon yöntemleri ile saflaştırılabilmektedir (Cegielska-Radziejewska, Lesnierowski, & Kijowski, 2008).

Lizozim, gıda endüstrisinde antimikrobiyal ajanlar olarak kullanılmaktadır (Abeyrathne & ark., 2013). Lizozimin kimyasal ve termal işlemlerle modifikasyonlarının antimikrobiyal özelliklerinin arttığı bildirilmektedir. Lizozimin ayrıca antiviral, terapötik ve antiinflamatuar etkilere de sahip olduğu bildirilmiştir (Kovacs-Nolan & ark., 2005). Gram pozitif bakterilere karşı potansiyel antimikrobiyal olup bakterisidal, bakteriyostatik ve bakteriyolitik etkisi kanıtlanmıştır (Huopalahti & ark., 2007). Lizozim; *Clostridium tyobutyricum, Clostridium thermosaccharolyticum*, *Bacillus stearothermophilus* gibi mezofilik ve termofilik spor oluşturan bakterilerin gelişimini önlemektedir. *Clostridium jejuni*, *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* üzerinde litik aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Yüceer & ark., 2012). Lizozim, gıda endüstrisinde sorun yaratan 2 ana patojen olarak kabul edilen *Listeria monocytogens* ve *Clostridium botulinum* gibi gıda kaynaklı patojenleri kontrol etme yeteneğine sahiptir (Cegielska-Radziejewska & ark., 2008). Lizozim, balık, kümes hayvanları ve bazı sebzelerde *Clostridium botulinum* tarafından toksin oluşumunu etkin bir şekilde kontrol etmektedir. Bazı peynirlerde kötü kokulara ve istenmeyen fermantasyona neden olan *Clostridium tyrobutyricum*'un gelişmesini önlemek için lizozimin peynir yapımında kullanımı onaylanmıştır (Cunningham, Proctor, & Goetsch, 1991; Proctor,

Cunningham, & Fung, 1988). Lizozim gıda muhafazasında, yenilebilir filmlerde, antimikrobiyal paketlerde, peynirlerin olgunlaşma evresinin hızlandırılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca çiğ balık ve etlerin ve işlenmiş tavuk eti muhafazasında lizozimden yararlanılabilmektedir (Cegielska-Radziejewska & ark., 2008). Dünya Sağlık Örgütü ve birçok ülke, lizozimin gıdalarda koruyucu olarak kullanılmasına izin vermektedir ve şu anda kimuchi turşusu, suşi, Çin eriştesi, peynir ve şarap üretiminde kullanılmaktadır (Mine, Ma, & Lauriau, 2004). Bu amaçlar için her yıl 100 tondan fazla lizozim kullanıldığı tahmin edilmektedir (Scott, Hammer, & Szalkucki, 1987). Türkiye'de henüz lizozim üretimi yapılan bir tesis bulunmamaktadır (Yüceer, 2022). Lizozimin, tek başına köpürme yeteneği çok azdır, fakat lizozim ve globulin arasındaki etkileşim köpük oluşumu açısından önemlidir (Johnson & Zabık, 1981).

Lizozim ayrıca şarap- bira üretiminde; sosis, salam, domuz eti, sığır eti veya hindi gibi et ürünlerinde (Bolder, 1997; Daeschel, Bruslind, & Clawson, 1999; Gerbaux & ark., 1997) ve diş macunu, gargara, sakız gibi ağız sağlığı ürünlerinde, laktik asit bakterilerini kontrol etmek için kullanımı genel olarak güvenli (GRASS) bir protein olarak kabul görmektedir (Tenovuo, 2002). Lizozimin ayrıca ilaç ve medikal sahada kullanımı da mevcuttur. Örneğin göz damlası üretiminde lizozimden yararlanılmaktadır (Kovacs-Nolan & ark., 2005). Lizozim, bağışıklık düzenleyici ve uyarıcı bir ajan olarak görev yapmaktadır ve tümör hücrelerini baskılama kabiliyetine sahiptir (Kovacs-Nolan & ark., 2005). Bu nedenle, lizozim bir antikanser ajanı olarak kullanılabilmektedir (Mine, Ma, & Lauriau, 2004).

Avidin

Avidin, yumurta akı proteinlerinin %0.5'ini oluşturmaktadır (Johnson & Zabık, 1981). Glikoprotein yapısında olup suda çözünmektedir. Çiğ olarak tüketiminde farelerde toksik etki oluşturduğu rapor edilmiştir. Günümüzde avidin, saflaştırma yöntemi ile ticari olarak üretilmektedir (Nau, Guérin-Dubiard, & Croguennec, 2007). Avidin, lizozim ayrımında bir yan ürün olarak kolaylıkla geri kazanılabilmektedir (Durance & Nakai, 1988). Avidinin izoelektriki noktada pH değeri 9.5-10.0'dur (Johnson & Zabık, 1981).

Avidin, yüksek biyotin bağlama yeteneği ile iyi bilinmektedir (Korpela & ark., 1984). Biotini bağlaması yoluyla mikrobiyal gelişmede inhibitör etki oluşmasını sağlamaktadır. Bu açıdan özellikle gelişimi için biotine ihtiyaç duyan bakteri ve mayaların gelişimini önlemektedir (Nau, Guérin-Dubiard, & Croguennec, 2007). Fakat avidin, ısı ile denatüre olmaktadır, bu yüzden ancak çiğ yumurtada bulunan biotini bağlayabilmektedir (Tanabe & ark., 2000).

Avidinin aşağıdaki bakteriler üzerinde inhibisyon etkisine sahip olduğu belirlenmiştir (Nau, Guérin-Dubiard, & Croguennec, 2007) :

- Staphylococcus aureus
- Staphylococcus epidermis
- Escherichia coli
- Serratia marcescens
- Klebsiella pneumoniae
- Pseudomonas aeruginosa

Avidin ayrıca gıda dışı sektörlerde de kullanılabilmektedir. Ticari olarak anti-kanser uygulamaları, çeşitli ilaçlarda kullanımı ve tıpta teşhis amacıyla kullanımı mevcuttur (Anton & ark., 2006). Tümör gelişimini T-cell ile yavaşlattığı tespit edilmiştir. Anti-kanser ilaçlarında ve beyin ile ilgili ilaçların üretiminde kullanılmaktadır (Nau, Guérin-Dubiard, & Croguennec, 2007).

Konalbumin/ Ovotransferrin

Ovotransferrin, moleküler ağırlığı 76 kDa olan 686 amino asitten oluşan monomerik bir glikoproteindir (Abeyrathne & ark., 2013). Toplam yumurta akı proteininin %12'sini oluşturmaktadır ve ilk olarak Schade & Caroline (1944) tarafından karakterize edilmiştir. Başlangıçta konalbumin olarak adlandırılan bu protein, demiri bağlayabilme özelliğinin keşfedilmesinden sonra ovotransferrin olarak yeniden adlandırılmıştır (Williams, 1968). Ovotransferrinin izoelektriki noktada pH değeri 6.1-6.6'dır. Denatürasyon sıcaklığının 57.3 ℃ olduğu bildirilmiştir (Johnson & Zabık, 1981).

Ovotransferrin, yumurta antioksidantı olarak bilinmektedir (Superti & ark., 2007). Wu & Acero-Lopez (2012) ovotransferrinin hücresel redoks ortamı oluşturarak kanatlı eti üzerinde antioksidan etkiye sahip olduğunu bildirmiştir.

Ovotransferrin, Gram negatif bakterilerin gelişimi için esansiyel olan demiri ve diğer mineralleri şelat etkisi ile bağlayarak bu bakterilerin inhibisyonunu sağlamaktadır (Anton & ark., 2006). Ibrahim, Sugimoto, & Aoki (2000), ovotransferrinden türetilen peptitlerin, hücre zarlarına zarar vererek bakterileri öldürme kabiliyetine sahip olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle gıdaların güvenliğini artırmak için kullanılabilmektedir (Abeyrathne & ark., 2013). Ovotransferrinin, *Candida albicans* ve *Salmonella enteritidis*'in hücre membranında antimikrobiyal etkisi vardır. Ayrıca Gram pozitif *Staphylococcus aureus* ve Gram negatif *Escherichia coli* üzerine bakteriosidal etkisi olduğu rapor edilmiştir (Superti & ark., 2007). Valenti & ark. (1982), ovotransferrinin ek olarak, *Streptococcus mutans*'ı da baskıladığını bildirmiştir. Son zamanlarda ovotransferrin, gıda kaynaklı patojenlerden olan *Listeria monocytogenes* ve *E. coli* O157:H7 kontrolünde kullanılmaktadır (Ko, Mendonca, & Ahn, 2008). Buna göre hem ovotransferrin hem de peptitlerinin gıdalarda antimikrobiyal ajanlar olarak kullanılabileceği açıkça görülmektedir (Abeyrathne & ark., 2013). Ayrıca tüm bu önemli özelliklerin yanı sıra ovotransferrinin antiviral etkiye de sahip olduğu rapor edilmiştir (Ibrahim & Kiyono, 2009).

Ovotransferrin, bebek mamaları formülasyonunda bulunmaktadır. Ayrıca bu protein, bebeklerde ishal vakalarının tedavisinde kullanılmaktadır (Anton & ark., 2006). Ovotransferrinin, tek başına çok az köpürme kabiliyetine sahip olduğu bildirilmiştir (Johnson & Zabık, 1981). Eczacılıkta Sefalosporin (cephalosporin) adlı antibiyotiğin temel bileşenidir (Superti & ark., 2007). Demir ile bağlanabilme kabiliyetine sahip olan ovotransferrinin, bağlı demiri pH <4.5'te kolayca serbest bıraktığı bildirilmiştir (Ko & Ahn, 2008). Bu nedenle, insanlar için mükemmel bir demir takviyesi kaynağı olabileceği rapor edilmiştir (Abdallah & Chahine, 1999). Ibrahim & Kiyono (2009), ovotransferrinin indirgemeden sonra tiyol bağlantılı oto-klevaj geçirdiğini ve kolon ve meme kanseri hücrelerine karşı çok güçlü antikanser etkileri olan kısmen hidrolize ürünler ürettiğini rapor etmiştir. Ancak, Wu & Acero-Lopez (2012) ovotransferrin hidrolizden sonra demir bağlama kabiliyetini kaybettiğini belirtmişlerdir.

Ovomucin

Bir diğer önemli yumurta akı proteini olan ovomucin, toplam yumurta akı proteininin %3.5'lük bir kısmını oluşturmaktadır (Abeyrathne & ark., 2013). Bu protein, çözünür ve çözünmez bileşenlerden oluşmaktadır: çözünür bileşen 8.300 Da'dan oluşmakta ve çözünmeyen bileşen, 220 ila 270 kDa aralığındadır. Ovomucin, yüksek oranda glikosile edilmiş bir proteindir ve yapısal olarak α ve β peptit bağlarına sahip olan makromolekül bir glikoproteindir. Yaklaşık %3 oranında karbonhidratlardan oluşmaktadır (Omana, Wang, & Wu, 2010). Bir karbonhidrat eklenmiş büyük moleküler ağırlıklı proteinlerden biridir (Hiidenhovi, Aro, & Kankare, 1999) ve bu nedenle, 2 hayati besin olan protein ve karbonhidrat sağlayabilen iyi bir besin kaynağı olarak kabul edilebilmektedir (Abeyrathne & ark., 2013). Ovomucin, sıcaklık ve enzimlere karşı oldukça dayanıklı olup tripsin ve proteaz inhibitörüdür (Anton & ark., 2006). Ovomucinin izoelektriki noktada pH'sı 4.5-5'tir (Johnson & Zabık, 1981).

Ferreira, Oliveira, & Jost (1999), bir çalışmada bactocatch mikrofiltrasyon yöntemi ile çiğ yumurta akından ovomucini ekstrakte ettiklerini rapor etmişlerdir. Buna göre yumurtanın viskozitesinde ve köpürme özelliğinde önemli bir değişiklik gözlenmezken mikrobiyal yük açısından düşüş kaydettiklerini bildirmişlerdir.

Ovomusinin, tek başına çok az köpürme kabiliyetine sahip olduğu bildirilmiştir (Johnson & Zabık, 1981). Ovomucin yumurta akının jel benzeri yapısından sorumludur (Hiidenhovi & ark., 1999). Ayrıca, yumurta akının viskozitesini veren bileşenidir (Anton & ark., 2006). Ovomucin, *E. coli*, Bacillus sp., ve Pseudomonas sp. karşı iyi inhibitör aktivite göstermektedir. Ovomusinin gıda zehirlenmesine neden olan bakterilere karşı güçlü bir antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Omana & ark., 2010). Bu sebeple, ovomucin gıda endüstrisinde gıda koruyucusu olarak kullanılabilmektedir. Ayrıca ovomucin ilavesi, ürüne iyi bir doku verirken besleyicilik değerini artırabilmektedir. Davalos & ark. (2004), ham yumurta akı proteinlerinden hidrolize peptitlerin güçlü bir antioksidan aktivite gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Ovomusinin antimikrobiyal ve immünomodülatör olarak güçlü bir potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir (Abeyrathne & ark., 2013; Anton & ark., 2006). Ovomusinin ayrıca antitümör aktiviteye ve antiviral etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Oguro & ark., 2000; Omana & ark., 2010). Bu nedenle tümör büyümesini kontrol etmek için ovomusin de kullanılabilmektedir (Abeyrathne& ark., 2013). İnsanlarda gribal enfeksiyonlara karşı koruyucu etkisi kanıtlanmış olup domuzlarda viral deri hastalıklarında ve tavuklarda Newcastle (yalancı veba) gibi birçok bulaşıcı viral hastalığın tedavisinde günümüzde kullanılmaktadır (Anton & ark., 2006; Hiidenhovi & ark., 1999). Ovomucinin antiviral ve anti-tümör özelliğinin yanı sıra kolesterolü düşürme gibi fonksiyonları da bulunmaktadır.

Sistatin

Sistatin, yapısal olarak karbonhidrat olmayan 2 disülfit bağına sahiptir. Proteinazları (fisin, papain, katepsin) inhibe ettiği bildirilmiştir. A grubu Streptecoccus'lara, *Porphyromonas gingivalis* ve *Salmonella typhimurium*'e karşı antimikrobiyal aktivitesi söz konusudur. Kanser, tümör ve metastaz riskini düşürdüğü rapor edilmiştir Sistin proteinazlarını (katepsin, fisin, papain,) inhibe etmektedir (Kovacs-Nolan & ark., 2005).

Ovomakroglobulin (ovostatin)

Ovostatin, yumurta akı proteinlerinin %0.5'lik bir kısmını oluşturmaktadır (Johnson & Zabık, 1981). Disülfit bağlarıyla bağlı olup glikoprotein yapısındadır (Kovacs-Nolan & ark., 2005). Proteazlara karşı inhibitör etkisi belirlenmiştir (Anton & ark., 2006). *Serratia marcescens* ve *Pseudomonas aeruginosa*'e karşı etkili olduğu bildirilmiştir (Kovacs-Nolan & ark., 2005). Ovostatinin izoelektriki noktada pH değeri 4.5-4.7'dir. Denatürasyon sıcaklığının 69-72 ℃ olduğu bildirilmiştir (Johnson & Zabık, 1981).

Ovoinhibitor

Ovoinhibitor, toplam yumurta akı proteinlerinin %1.5'ini oluşturmaktadır (Johnson & Zabık, 1981). Ovoinhibitor, ovomucoid gibi serin proteaz inhibitörüdür. Tripsin, elastaz ve kimotripsin ve gibi enzimleri ve ayrıca birçok bakteriyel ve fungal proteinazları inhibe etmektedir (Tomimatsu, Clary, & Bartulovich, 1966). Ovoinhibitorün, HIV gibi çeşitli viral hastalıkların kontrolünde etkili olduğu bildirilmiştir (Anton & ark., 2006). Ayrıca Alzheimer'e karşı etkili olduğu da rapor edilmiştir. İnsanlarda mutajenik ve kanserojenik etkenleri inhibe ettiği de belirtilmiştir (Tomimatsu & ark., 1966). İzoelektriki noktada pH değeri 5.1-5.2'dir. Denatürasyon sıcaklığının 69-72 ℃ olduğu bildirilmiştir (Johnson & Zabık, 1981).

4. Sonuçlar ve Öneriler

Asırlardır insan tüketiminde kullanılmakta olan yumurta ve yumurta ürünleri, birincil hayvansal protein olarak günlük diyetin önemli bir parçası olmaya devam edecektir. İçeriğindeki proteinin yüksek kaliteli olması sebebiyle, birçok gıdanın arzu edilen bileşenleridir. Ayrıca literatür taraması sonucunda, gıda kullanımlarına ek olarak yumurta akındaki proteinlerin, insan sağlığını ve vücut fonksiyonlarını korumada etkin olduğu gözlemlenmiştir. Yumurta gibi beslenmede ve sağlık açısından önemli bir yeri olan temel gıdanın üretimi, toplumu yakından ilgilendirmektedir. Kaliteli ve güvenli gıda maddelerine olan talep ise gün geçtikçe artmaktadır.

Yumurta akı proteinleri, insan sağlığını iyileştirebilecek ve hastalıkları önleyebilecek zengin bir kaynak olarak büyük umut vaat etmektedir. Fonksiyonel gıda ve gıda bileşenlerinin eldesine yönelik çalışmalara yön verilebilmesi açısından yumurta üzerine daha fazla çalışmanın yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Abdallah, F. B., & Chahine, J. M. E. H. (1999). Transferrins, the mechanism of iron release by ovotransferrin. *European Journal of Biochemistry, 263*(3), 912-920.

Abeyrathne, E., Lee, H., & Ahn, D. (2013). Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceutical and pharmaceutical agents—A review. *Poultry Science, 92*(12), 3292-3299.

Abeyrathne, E., Lee, H., & Ahn, D. U. (2014). Sequential separation of lysozyme, ovomucin, ovotransferrin, and ovalbumin from egg white. *Poultry science, 93*(4), 1001-1009.

Açıkgöz, Z., & Önenç, S. S. (2006). Fonksiyonel yumurta üretimi. *Hayvansal Üretim, 47*(1), 34-36.

Alderton, G., Wabd, W., & Fevold, H. (1945). Isolation of lysozyme from egg white. *Journal of Biological Chemistry, 157*, 43-58.

Anton, M. (2007). Composition and structure of hen egg yolk. In *Bioactive Egg Compounds* (pp. 1-6): Springer.

Anton, M., Nau, F., & Nys, Y. (2006). Bioactive egg components and their potential uses. *World's Poultry Science Journal, 62*(3), 429-438.

Board, R., & Halls, N. (1973). The cuticle: a barrier to liquid and particle penetration of the shell of the hen's egg. *British Poultry Science, 14*(1), 69-97.

Bolder, N. (1997). Decontamination of meat and poultry carcasses. *Trends in Food Science & Technology, 8*(7), 221-227.

Campbell, L., Raikos, V., & Euston, S. R. (2003). Modification of functional properties of egg-white proteins. *Food/Nahrung, 47*(6), 369-376.

Cegielska-Radziejewska, R., Lesnierowski, G., & Kijowski, J. (2008). Properties and application of egg white lysozyme and its modified preparations-a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 58*(1).

Chiang, W., Lee, M., Guo, W., & Tsai, T. (2006). Protein hydrolysate batch production with angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity from egg whites. *Journal of Food and Drug Analysis, 14*(4), 385.

Chick, H., & Martin, C. J. (1913). The precipitation of egg-albumin by ammonium sulphate. A contribution to the theory of the "salting-out" of proteins. *Biochemical Journal, 7*(4), 380.

Cunningham, F., Proctor, V., & Goetsch, S. (1991). Egg-white lysozyme as a food preservative: an overview. *World's Poultry Science Journal, 47*(2), 141-163.

Daeschel, M., Bruslind, L., & Clawson, J. (1999). Application of the enzyme lysozyme in brewing. *Technical Quarterly-Master Brewers Association of the Americas, 36*, 219-222.

Davalos, A., Miguel, M., Bartolome, B., & Lopez-Fandino, R. (2004). Antioxidant activity of peptides derived from egg white proteins by enzymatic hydrolysis. *Journal of Food Protection, 67*(9), 1939-1944.

Demirci, M. (2011). Beslenme, Yenilenmiş 5. baskı. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayın* (44), 370.

Durance, T., & Nakai, S. (1988). Purification of avidin by cation exchange, gel filtration, metal chelate interaction and hydrophobic interaction chromatography. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, 21*(3), 279-286.

Ferreira, M., Oliveira, F. A., & Jost, R. (1999). Application of microfiltration to egg white depleted in ovomucin. *International Journal of Food Science & Technology, 34*(1), 27-32.

Fisinin, V., Papazyan, T., & Surai, P. (2008). Producing specialist poultry products to meet human nutrition requirements: Selenium enriched eggs. *World's Poultry Science Journal, 64*(1), 85-98.

Fujita, H., Sasaki, R., & Yoshikawa, M. (1995). Potentiation of the antihypertensive activity of orally administered ovokinin, a vasorelaxing peptide derived from ovalbumin, by emulsification in egg phosphatidylcholine. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 59*(12), 2344-2345.

Gerbaux, V., Villa, A., Monamy, C., & Bertrand, A. (1997). Use of lysozyme to inhibit malolactic fermentation and to stabilize wine after malolactic fermentation. *American Journal of Enology and Viticulture, 48*(1), 49-54.

Gossett, P. W., Rizvi, S., & Baker, R. (1984). Quantitative analysis of gelation in egg protein systems. *Food Technology, 38*(5), 67-96.

Hasler, C. M., & Brown, A. C. (2009). Position of the American Dietetic Association: functional foods. *Journal of the American Dietetic Association, 109*(4), 735-746.

Hiidenhovi, J., Aro, H. S., & Kankare, V. (1999). Separation of ovomucin subunits by gel filtration: enhanced resolution of subunits by using a dual-column system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47*(3), 1004-1008.

Hincke, M. T., Nys, Y., Gautron, J., Mann, K., Rodriguez-Navarro, A. B., & McKee, M. D. (2012). The eggshell: structure, composition and mineralization. *Frontiers in Bioscience-Landmark, 17*(4), 1266-1280.

Hopkins, F. G. (1900). On the separation of a pure albumin from egg-white. *The Journal of Physiology, 25*(4), 306.

Huang, Q., Qiu, N., Ma, M., Jin, Y., Yang, H., Geng, F., & Sun, S. (2012). Estimation of egg freshness using S-ovalbumin as an indicator. *Poultry Science, 91*(3), 739-743.

Huopalahti, R., Anton, M., López-Fandiño, R., & Schade, R. (2007). *Bioactive Egg Compounds* (Vol. 5): Springer.

Ibrahim, H. R., & Kiyono, T. (2009). Novel anticancer activity of the autocleaved ovotransferrin against human colon and breast cancer cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57*(23), 11383-11390.

Ibrahim, H. R., Sugimoto, Y., & Aoki, T. (2000). Ovotransferrin antimicrobial peptide (OTAP-92) kills bacteria through a membrane damage mechanism. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects, 1523*(2-3), 196-205.

Johnson, T. M., & Zabık, M. E. (1981). Ultrastructural examination of egg albumen protein foams. *Journal of Food Science, 46*(4), 1237-1240.

Kirunda, D., & McKee, S. (2000). Relating quality characteristics of aged eggs and fresh eggs to vitelline membrane strength as determined by a texture analyzer. *Poultry Science, 79*(8), 1189-1193.

Ko, K., & Ahn, D. (2008). An economic and simple purification procedure for the large-scale production of ovotransferrin from egg white. *Poultry Science, 87*(7), 1441-1450.

Ko, K., Mendonca, A., & Ahn, D. (2008). Effect of ethylenediaminetetraacetate and lysozyme on the antimicrobial activity of ovotransferrin against Listeria monocytogenes. *Poultry Science, 87*(8), 1649-1658.

Korpela, J., Salonen, E.-M., Kuusela, P., Sarvas, M., & Vaheri, A. (1984). Binding of avidin to bacteria and to the outer membrane porin of Escherichia coli. *FEMS Microbiology Letters, 22*(1), 3-10.

Kovacs-Nolan, J., Phillips, M., & Mine, Y. (2005). Advances in the value of eggs and egg components for human health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53*(22), 8421-8431.

Layman, D. K., & Rodriguez, N. R. (2009). Egg protein as a source of power, strength, and energy. *Nutrition Today, 44*(1), 43-48.

Ledesma-Hernandez, B., & Hsieh, C. (2013). Bioactive food peptides in health and disease. *Croatia: InTech (interchopen. com)*.

Lee, M.-H. (2006). Process for preparing lysozyme. In: Google Patents.

Li-Chan, E. C., Powrie, W. D., & Nakai, S. (2017). The chemistry of eggs and egg products. In *Egg Science and Technology* (pp. 105-175): CRC Press.

Lupton, J. R., Brooks, J., Butte, N., Caballero, B., Flatt, J., & Fried, S. (2002). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. *National Academy Press: Washington, DC, USA, 5*, 589-768.

Matsuda, T., Gu, J., Tsuruta, K., & Nakamura, R. (1985). Immunoreactive glycopeptides separated from peptic hydrolysate of chicken egg white ovomucoid. *Journal of Food Science, 50*(3), 592-594.

Miguel, M., Alonso, M. J., Salaices, M., Aleixandre, A., & López-Fandiño, R. (2007). Antihypertensive, ACE-inhibitory and vasodilator properties of an egg white hydrolysate: Effect of a simulated intestinal digestion. *Food Chemistry, 104*(1), 163-168.

Mine, Y. (2002). Recent advances in egg protein functionality in the food system. *World's Poultry Science Journal, 58*(1), 31-39.

Mine, Y., Ma, F., & Lauriau, S. (2004). Antimicrobial peptides released by enzymatic hydrolysis of hen egg white lysozyme. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52*(5), 1088-1094.

Miranda, J., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., & Roca-Saavedra, P. (2015). Rodrigue z JÁ, Lamas A, Franco CM, Cepeda A. *Egg and egg-derived foods: Effects o n human health and use as functiona l foods. Nutrients, 7*(1), 706-729.

Mosby, T. T., Cosgrove, M., Sarkardei, S., Platt, K. L., & Kaina, B. (2012). Nutrition in adult and childhood cancer: role of carcinogens and anti-carcinogens. *Anticancer Research, 32*(10), 4171-4192.

Musgrove, M. T. (2004). *Effects of processing on the microbiology of commercial shell eggs*. University of Georgia Athens, Georgia,

Nau, F., Guérin-Dubiard, C., & Croguennec, T. (2007). Avidin. In *Bioactive Egg Compounds* (pp. 75-80): Springer.

Nimalaratne, C., & Wu, J. (2015). Hen egg as an antioxidant food commodity: A review. *Nutrients, 7*(10), 8274-8293.

Oguro, T., Watanabe, K., Tani, H., Ohishi, H., & Ebina, T. (2000). Morphological observations on antitumor activities of 70 kDa fragment in α-subunit from pronase-treated ovomucin in a double grafted tumor system. *Food Science and Technology Research, 6*(3), 179-185.

Omana, D. A., Wang, J., & Wu, J. (2010). Co-extraction of egg white proteins using ion-exchange chromatography from ovomucin-removed egg whites. *Journal of Chromatography B, 878*(21), 1771-1776.

Österström, O., & Lilja, C. (2012). Evolution of avian eggshell structure. *Journal of Morphology, 273*(3), 241-247.

Paddon-Jones, D., Sheffield-Moore, M., Aarsland, A., Wolfe, R. R., & Ferrando, A. A. (2005). Exogenous amino acids stimulate human muscle anabolism without interfering with the response to mixed meal ingestion. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism, 288*(4), E761-E767.

Pannemans, D., Wagenmakers, A., Westerterp, K. R., Schaafsma, G., & Halliday, D. (1998). Effect of protein source and quantity on protein metabolism in elderly women. *The American Journal of Clinical Nutrition, 68*(6), 1228-1235.

Park, Y., Yoo, I., Jeon, K., Kim, H., Chang, E., & Oh, H. (2003). Effects of various eggshell treatments on the egg quality during storage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 16*(8), 1224-1229.

Pelletier, X., Thouvenot, P., Belbraouet, S., Chayvialle, J. A., Hanesse, B., Mayeux, D., & Debry, G. (1996). Effect of egg consumption in healthy volunteers: influence of yolk, white or whole-egg on gastric emptying and on glycemic and hormonal responses. *Annals of Nutrition and Metabolism, 40*(2), 109-115.

Proctor, V. A., Cunningham, F., & Fung, D. Y. (1988). The chemistry of lysozyme and its use as a food preservative and a pharmaceutical. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 26*(4), 359-395.

Rabouille, C., Aon, M. A., & Thomas, D. (1989). Interactions involved in ovomucin gel-forming properties: a rheological-biochemical approach. *Archives of biochemistry and biophysics, 270*(2), 495-503.

Roberts, J. R. (2004). Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *The Journal of Poultry Science, 41*(3), 161-177.

Schade, A. L., & Caroline, L. (1944). Raw hen egg white and the role of iron in growth inhibition of *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Science, 100*(2584), 14-15.

Scott, D., Hammer, F., & Szalkucki, T. (1987). Bioconversions: enzyme technology. *Food Biotechnology*, 413–442.

Stadelman, W. J., & Cotterill, O. J. (1995). Egg science and technology. Ed. In: Binghamton, NY: Food Products Press.

Superti, F., Ammendolia, M. G., Berlutti, F., & Valenti, P. (2007). Ovotransferrin. In *Bioactive Egg Compounds* (pp. 43-50): Springer.

Şamlı, H., & Okur, A. (2016). Tüm Yönleriyle Yumurta. *İstanbul: İstanbul Ticaret Borsası Yayınları, Yayın*(208), 1-133.

Şenköylü, N. (2001). Modern Tavuk Üretimi (Gözden Geçirilmiş ve Genişletilmiş 3. Baskı). *Anadolu Matbaası, ISBN*, 975-93691.

Tanabe, S., Tesaki, S., & Watanabe, M. (2000). Producing a low ovomucoid egg white preparation by precipitation with aqueous ethanol. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 64*(9), 2005-2007.

Tang, S., Yu, J., Lu, L., Fu, X., & Cai, Z. (2019). Interfacial and enhanced emulsifying behavior of phosphorylated ovalbumin. *International Journal of Biological Macromolecules, 131*, 293-300.

Tenovuo, J. (2002). Clinical applications of antimicrobial host proteins lactoperoxidase, lysozyme and lactoferrin in xerostomia: efficacy and safety. *Oral Diseases, 8*(1), 23-29.

Tomimatsu, Y., Clary, J. J., & Bartulovich, J. J. (1966). Physical characterization of ovoinhibitor, a trypsin and chymotrypsin inhibitor from chicken egg white. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 115*(3), 536-544.

Valenti, P., Antonini, G., Fanelli, M., Orsi, N., & Antonini, E. (1982). Antibacterial activity of matrix-bound ovotransferrin. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy, 21*(5), 840-841.

Villaume, C., Beck, B., Rohr, R., Pointel, J.-P., & Debry, G. (1986). Effect of exchange of ham for boiled egg on plasma glucose and insulin responses to breakfast in normal subjects. *Diabetes Care, 9*(1), 46-49.

Vural, N. (1992). Besin analizleri. In (Vol. 69, pp. 154): Ankara: Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi.

Wan, M., Huang, Z., Yang, X., Chen, Q., Chen, L., Liang, S., . . . Su, D. (2022). Fabrication and interaction mechanism of ovalbumin-based nanocarriers for metallic ion encapsulation. *International Journal of Food Science & Technology, 57*(1), 643-652.

Wan, Y., Lu, J., & Cui, Z. (2006). Separation of lysozyme from chicken egg white using ultrafiltration. *Separation and Purification Technology, 48*(2), 133-142.

Williams, J. (1968). A comparison of glycopeptides from the ovotransferrin and serum transferrin of the hen. *Biochemical Journal, 108*(1), 57-67.

Wu, J. (2014). Eggs and egg products processing. *Food processing: Principles and applications*, 437-455.

Wu, J., & Acero-Lopez, A. (2012). Ovotransferrin: Structure, bioactivities, and preparation. *Food Research International, 46*(2), 480-487.

Yalçin, S. S., & Yalçin, S. (2013). Poultry eggs and child health–a Review. *Lohmann Information, 48*(1), 3-14.

Yang, C. C., Chen, C. C., & Chang, H. M. (1998). Separation of egg white lysozyme by anionic polysaccharides. *Journal of Food Science, 63*(6), 962-965.

Yaşkır, M. (2019). *Laktik asit bakterileri kullanılarak üretilen yumurta akı tozlarının fonksiyonel özelliklerin belirlenmesi*. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,

Yüceer, M. (2022). Yumurta Biyoaktif Bileşenleri (2): Lizozim. Yumurta Üreticileri Merkez Birliği Dergisi, 58, 30-33.

Yüceer, M., Temizkan, R., & Caner, C. (2012). Fonksiyonel gıda olarak yumurta: bileşenleri ve fonksiyonel özellikleri. *Akademik Gıda, 10*(4), 70-76.

Zeisel, S. H. (1992). Choline: an important nutrient in brain development, liver function and carcinogenesis. *Journal of the American College of Nutrition, 11*(5), 473-481.

Miyopati ve Normal Elektromiyogram (Emg) Verilerinin Tespitinde Sınıflandırıcı Algoritmalarının Performans Analizi

Erdem TUNCER[1]

Giriş

İnsan nöromüsküler yapısının insan anatomisindeki düzeni, kas ve sinir sisteminin bir birleşimidir. Nöromüsküler sisteminin yapısı, bu sistemin bozukluklarından etkilenir. Miyopatiler, multipl skleroz, miyastenia gravis ve amyotrofik lateral skleroz gibi ilerleyici hastalıklar, nöromüsküler sistemi etkileyen çeşitli bozukluklardır. Nöromüsküler bozukluk miyopati ve nöropati olmak üzere temelde iki kategoriye ayrılır. Miyopatiler, kaslar ve lifleri ile bağlantılı rahatsızlıklardır. Kas zayıflığı, yorgunluk ve miyotoniyi içeren çeşitli semptomlarla kendini gösterebilir. Benzer şekilde sinirlerle ilgili bozukluklara nöropati adı verilir, diğer bir ifadeyle Amyotrofik Lateral Skleroz (ALS) adı verilir. Nöropati, motor nöronları etkileyen, nöron hücresinde hasara ve ölüme yol açan solunum sistemi yetmezliğine neden olan sürekli bir hastalıktır (Bakiya & ark., 2022; Hassan & ark., 2022).

Elektromiyografi (EMG), kasların elektriksel aktivitesini ölçmek adına kullanılan bir testtir. Nöromüsküler hastalıklar, kaydedilen EMG sinyallerinin analizi ile tanımlanabilir. Bu analizin daha doğru sonuçlar üretmesi için EMG sinyallerinin verimli bir şekilde işlenmesi, sinyallerden öznitelik çıkartılması ve uygun sınıflandırıcılarla modellenmesi gerekmektedir. Bu modellerde EMG verileri dijital ortama aktarıldıktan sonra özellik çıkartımı ile toplanan biyosinyallerden önemli öznitelikler elde edilir. Bu öznitelikler sınıflandırıcı algoritmalarına girdi olarak verilir ve sınıflandırıcı sonuçları elde edilir (Dubey & ark., 2022; Hassan & ark., 2022).

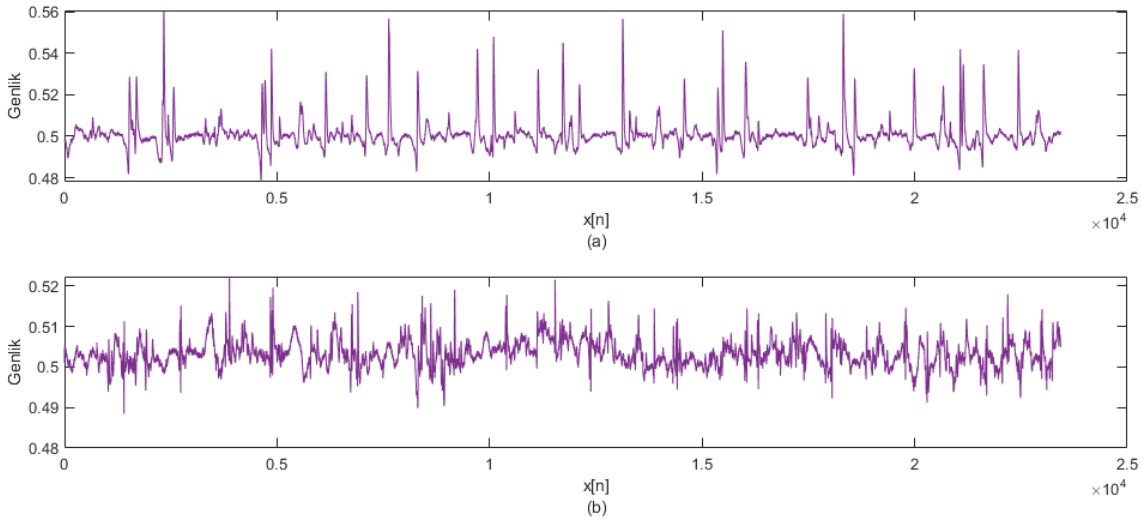
Bu çalışmada nöromüsküler hastalıkların en yaygın çeşidi olan myopati hastalıklarının teşhisinde kullanılmak üzere farklı sınıflandırıcı algoritmalarının performans analizi yapılmıştır. EMG işaretleri, ön işleme işlemi sonrasında pencereleme, öznitelik çıkarma ve sınıflandırma aşamalarından geçirilmiştir. 1 saniyelik pencereler halinde veriler incelenmiş ve verileri %90'ı eğitim kalanı ise test verisi olarak kullanılmıştır. Performans analizi yapılan sınıflandırıcı algoritmaları arasında Adaboost algoritması ile en yüksek sınıflandırma başarı oranına ulaşılmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada ücretsiz erişilebilen EMGLAB veri seti kullanılmıştır. Veri tabanında 10 sağlıklı 6 miyopati hastası verileri bulunmaktadır. Sağlıklı kişiler 21-37 yaş aralığındadır. Normal EMG verisi grubunda hiçbir nöromüsküler bozukluk belirtisi yoktur. Miyopati hastalığına sahip olan kişiler 19-63 yaş aralığındadır. Miyopatik hastalarda miyopatinin tüm elektrofizyolojik ve klinik belirtileri bulunmaktadır. Veri tabanında çeşitli kaslardan ölçümler bulunsa da bu çalışmada homojenite sağlaması açısından sadece Brachial biceps kasından alınan ölçümler kullanılmıştır. Ölçümler esnasında konsentrik iğne elektrot kullanılmış ve EMG kayıt cihazının alçak ve yüksek geçiren filtre kesim frekansları 2 Hz.-10 KHz. aralığına ayarlanmıştır. Verilerin örnekleme frekansı

[1] Dr. Erdem TUNCER, Milli Eğitim Bakanlığı

23437,5 Hz.'dir (Nikolic, 2001). Sağlıklı kişilerden toplam 3335 saniye, miyopati grubu için 1196 saniye EMG verisi kullanılmıştır. Rastgele seçilen bir epokluk normalize edilmiş normal ve myopati EMG veri örneği Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. EMG Veri Örneği (a) Normal (b) Myopati

Verilerden elde edilen pencere sayısı ve veri seti bilgisi Tablo 1'de verilmiştir. Tüm veri seti içinde 1 saniyelik pencere süresini aşan kısımlar çalışmadan çıkartılmıştır.

Tablo 1. Kullanılan EMG veri seti

Veri Tipi	Epok Sayısı	Toplam Süre (Saniye)
Normal	3335	3335
Myopati	1196	1196

Her pencere verisi için normalize edilmiş EMG sinyalinden varyans, enerji, entropi ve skewness değerleri olmak üzere 4 farklı öznitelik elde edilmiştir. Elde edilen öznitelikler ve matematiksel eşitlikleri Tablo 2 de verilmiştir. Tablo 2'de verilen Xi: Veri setindeki i. veriyi, μ ortalamayı, N örnek sayısını, σ ise standart sapmayı göstermektedir (İzci & ark., 2021; Mendel & ark., 2007; Furui & ark., 2017; Li & ark., 2008).

Tablo 2. Öznitelik Listesi

Sıra No	Öznitelik Adı	Matematiksel Eşitlik
1	Varyans	$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{N} \frac{(X_i - \mu)^2}{N}$
2	Enerji	$En=\sum_{-\infty}^{+\infty} \lvert x_i{}^2 \rvert$
3	Entropi	$E=-\sum x_i \log x_i$
4	Skewness	$S = \frac{\sum_i^N (Xi - \mu)^3}{(N-1)\sigma^3}$

Oluşturulan öznitelik matrisi sınıflandırıcı algoritmasına girdi olarak verilmiştir. Verilerin %90'ı eğitim, kalanı ise test olarak kullanılmıştır. Sınıflandırıcı algoritması olarak Adaptive Boosting (Adaboost), K-En Yakın Komşu (KNN), Destek Vektör Makinesi (DVM) algoritmaları kullanılmıştır. AdaBoost, makine öğreniminde topluluk yöntemi olarak kullanılan bir boosting

tekniğidir. Ağırlıklar her bir örneğe yeniden atandığından ve yanlış sınıflandırılmış örneklere daha yüksek ağırlıklar atandığından, adaptive boosting olarak isimlendirilmektedir. Sırasıyla büyüyen öğrenenler ilkesine göre çalışır. İlk öğrenen dışında, sonraki her öğrenen, önceden yetiştirilen öğrenenlerden yetiştirilir. Farklı bir ifadeyle, zayıf olanlar güçlü olanlara dönüştürülür (Wang & ark., 2022). KNN algoritması, hem sınıflandırma hem de regresyon problemlerini çözmek için kullanılabilen denetimli bir makine öğrenimi algoritmasıdır. Veri madenciliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu algoritma; sınıflandırılacak yeni öğeyi k komşusuna yakınlığına bakarak sınıflandırır. Öklid, manhattan ve minkowski mesafe fonksiyonları yaygın olarak mesafe hesaplamasında kullanılır. Algoritma adımları aşağıdaki gibidir (Zhang & ark., 2018; Serttaş & ark., 2021):

- Verilerini yüklenmesi.
- K değerinin ve mesafe fonksiyonunun belirlenmesi.
- Test verilerindeki her nokta için en yakın mesafelerin hesaplanması.
- En yakın k komşusunun bulunması.
- Veri sayısına göre yeni etiketin belirlenmesi.

Denetimli öğrenme tekniği olan DVM, doğrusal bir makine öğrenimi tekniğinin birleşimidir. İki boyutlu bir değişkendir. Sınıflar arasındaki mesafeyi maksimize ederek en yakın veri noktaları arasındaki marjı bölen düzlemlerden oluşturur. Bu düzlemlerden en iyi olan, veri kümeleri ile kendisi arasındaki mesafesi en büyük olandır. DVM, oluşturulan sınıflandırıcı modelinin genelleştirme özelliğini en üst düzeye çıkarmak için istatistiksel öğrenme teorisini kullanır. Böylelikle sınıflandırma, gürültülü veya hatalı veriye karşı dirençli hale gelir (Tuncer & ark., 2022; Tuncer, 2022).

Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, EMG verilerinden nöromasküler hastalıklara doğru tanı konulmasına yardımcı olacak sınıflandırıcı algoritmalarının performans analiz yapılmıştır. EMGLAB veri setinin kullanıldığı bu çalışmada normal-miyopati verileri sınıflandırılmıştır.

EMG verileri birer saniyelik pencerelere ayrılmış ve her pencereden 4 öznitelik hesaplatılarak, EMG verileri sınıflandırılmıştır. KNN algoritması parametreleri; k değeri 5, mesafe fonksiyonu öklid olarak belirlenmiştir. DVM algoritması parametrelerinden Radyal tabanlı fonksiyon (RBF) (Gamma = 0,01) çekirdek fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, nöromasküler hastalıkların doğru sınıflandırmasında Adaboost algoritması ile 80,65%, KNN (k=5) algoritması ile 79,12%, DVM algoritması ile 77,14% başarı sağlamıştır.

Bu çalışmada sınıflandırıcı algoritmalarının performans analizine odaklanılmıştır. Normalize edilmiş EMG verilerinden 4 istatiksel öznitelik hesaplanmıştır. Aynı özniteliklerle farklı sınıflandırıcı algoritmaları değerlendirilerek algoritmaların performansları karşılaştırılmıştır. Çalışmadaki değişken parametre sınıflandırıcı algoritmalarıdır. Kullanılan sınıflandırıcı algoritmaları Adaboost, KNN ve DVM'dir. Bu algoritmalar arasında verileri en yüksek doğrulukla (80,65%) sınıflandıran model, Adaboost algoritması olmuştur. Adaboost algoritmasını sırasıyla KNN algoritması ve DVM algoritması takip etmektedir. Adaboost algoritması, KNN ve DVM algoritmalarına göre kullanılan 4 öznitelikle birlikte EMG verileri sınıflandırmasında daha başarı sonuçlar vermiştir. Bu çalışmada olduğu gibi Adaboost algoritmasının biyomedikal sinyallerde başarılı sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Yapay zekâ birçok sektörde kullanılmakla birlikte biyomedikal sinyal işleme alanındaki kullanımı her geçen gün artmaktadır. Hastalıkların erken teşhisinde, makine öğrenmesi algoritmaları

sağlık hizmetlerini olumlu yönde etkileyecektir. Algoritmalarının kullanım alanlarının genişlemesi, makine öğrenmesi algoritmalarının optimizasyonu ve performans analizlerinin yapılmasıyla mümkündür. Performans analizi yapılan bu sınıflandırıcı algoritmaları farklı veri setleri üzerinde kullanılabilir. Veri boyutu arttırılarak ya da daha fazla sayıda öznitelik kullanılarak algoritmaların başarı sonuçları ilerleyen çalışmalarda irdelenebilir.

Kaynakça

Bakiya, A., Anitha, A., Sridevi, T., Kamalanand, K. (2022) Classification of myopathy and amyotrophic lateral sclerosis electromyograms using bat algorithm and deep neural networks. *Behavioural Neurology*, 3517872, 1-9. Doi: 10.1155/2022/3517872.

Dubey, R., Kumar, M., Upadhyay, A., Pachori, R. B. (2022) Automated diagnosis of muscle diseases from EMG signals using empirical mode decomposition based method. *Biomedical Signal Processing and Control*, *71*, 103098.

Furui, A., Hayashi, H., Kurita, Y., Tsuji, T. (2017) Variance distribution analysis of surface EMG signals based on marginal maximum likelihood estimation. *39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2514-2517. Doi: 10.1109/EMBC.2017.8037368.

Hassan, M.R., Huda, S., Hassan, M.M., Abawajy, J., Alsanad, A., Fortino, G. (2022) Early detection of cardiovascular autonomic neuropathy: A multi-class classification model based on feature selection and deep learning feature fusion. *Information Fusion*, *77*, 70-80.

Izci, E., Özdemir, M.A., Akan, A., Özçoban, M.A., Arıkan, M. K. (2021) An EEG and machine learning based method for the detection of major depressive disorder. *29th Signal Processing and Communications Applications Conference*. Doi: 10.1109/SIU53274.2021.9477800.

Li, J., Sun, S. (2008) Energy feature extraction of EEG signals and a case study. *IEEE International Joint Conference on Neural Networks*, 2366-2370. Doi: 10.1109/IJCNN.2008.4634126.

Mendel, J.M., Wu, D. (2007) Cardinality, fuzziness, variance and skewness of ınterval type-2 fuzzy sets. *IEEE Symposium on Foundations of Computational Intelligence*, 375-382. Doi: 10.1109/FOCI.2007.371499.

Nikolic, M. (2001) Detailed analysis of clinical electromyography signals EMG decomposition, findings and firing pattern analysis in controls and patients with myopathy and amytrophic lateral sclerosis. *PhD Thesis*, Faculty of Health Science, University of Copenhagen.

Serttaş, T.N., Serttaş, F. (2021) Classification of Experimentally measured different driving behaviors using k nearest neighbors methods. *European Journal of Science and Technology*, *28*, 790-794.

Tuncer, E. (2022) Ictal-Interictal epileptic state classification with traditional and deep learning architectures. *International Journal of Research Publication and Reviews*, *3*(9), 1972-1977.

Tuncer, E., Bolat, E. (2022) Epileptic seizure classification from EEG signals with support vector machines. *Journal of Polytechnic*, *25*(1), 239- 249, (2022).

Wang, Y., Feng, L., Zhu, J., Li, Y., Chen, F. (2022) Improved AdaBoost algorithm using misclassified samples oriented feature selection and weighted non-negative matrix factorization. *Neurocomputing*, *508*, 153-169.

Zhang, S., Li, X., Zong, M., Zhu, X., Wang, R. (2018) Efficient kNN classification with different numbers of nearest neighbors. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, *29*(5), 1774-1785.

"Nar Tanesi Yahut Düzme Keloğlan" Masalında Kahramanın Sembolik Yolculuğu

Ferhat ÖZMEN

GİRİŞ

Sembolik dil bağlamında geçmiş zaman bilgeliklerinigeleceğe taşıyan masallar, birer bellek mekânı olarak halk anlatılarında geniş bir yer tutar. Ait olduğu toplumun kültürel unsurları ile birlikte evrensel kültürde yer alan değerleri de bünyesinde barından masallar, *"Büyük ölçüde nesirle anlatılmış ve dinleyicileri inandırmak gibi bir iddiası bulunmayan, hayal ürünü olan nesir şeklindeki anlatmalar."* (Alptekin, 2002:11) şeklinde açıklanır.

Kurgusallığın vurgulandığı, inandırıcılık iddiasının olmadığı ve olağanüstü unsurların öne çıkarıldığı bu anlatıların kahramanları, kimi zaman insan ve kimi zaman hayvan kimi zaman da olağanüstü varlıklar olur. Söz konusu kahramanlar mitik/sembolik yolculuğunu Joseph Campbell'in *"mono-mitos"* şeklinde adlandırdığı, menşei ritüel ve mitoslardan kaynaklanan *"ayrılma-erginlenme-dönüş"* şeklinde formüle edilen tarzla sürdürür. Campbell bu formülü*, "kahramanın mitolojik macerasını standart yolu geçiş ayinlerinde sunulan formülün büyütülmüş halidir. Ayrılma-erginlenme- dönüş: buna mono mitin çekirdek birimi denebilir."* (Campbell, 2013: 42) şeklinde ifade etmektedir.

"Nar Tanesi Yahut Düzme Keloğlan" masalında anlatı kahramanı; *"ayrılma-erginlenme-dönüş"* arketipleri etrafında mitik yolculuk yapar. Arketipler, *"İlk örnek, ilk form, ana form, prototip, köken örnek"* şeklinde tanımlanır ve insanlığın ortak ruh görüngülerini açıklar. Kolektif bilinçdışını görüngüleri/arketipler bireyler arasında anlayış birliği ve düzenin olduğunu kanıtlar.*"Arketip daha antik çağda bile bulunan ve Platon'un ideasıyla eş anlamlı olan bir kavramdır."* (Jung, 2012: 17). Adı geçen kavram, insanlığın ortak mirasını ifade eder.

Arketipler, tahkiyenin öne çıktığı eserlerde sembolik bağlamda çözümlenebilir. *"Nar Tanesi Yahut Düzme Keloğlan"*masalında da arketiplerin çeşitli görünümleri yer alır. Masal kahramanı Jung'un ifade ettiği insanlığın ortak bilinç dışında yer alan *"yolculuk, yüce birey, gölge, aşama"* arketipleri etrafında mitik yolculuğunu sürdürür. *"Nar Tanesi Yahut Düzme Keloğlan"* masalının metni Fevziye Abdullah TANSEL'in hazırladığı, TTKY arasında, 1989 yılında Ankara'da bastırılan *"Ziya Gökalp Külliyatı-1 Şiirler ve Halk Masalları"* adlı eserden alınmıştır. Söz konusu masalın özeti şöyledir:

Büyük bir padişahın Gülsün Sultan adlı bir kızı vardır. Bu kızı bir padişahın oğluna isterler ve Gülsün Sultan'ın babası kızını şehzadeye verir. Padişahın oğlu Gülsün Sultanı altın arabasına alarak yola çıkar. Yolda şehzade bir nar tanesi görür ve atından inerek bu nartanesi ağzına atar. Şehzadeye göre nar kutsal bir meyvedir. Gülsün Sultan şehzadenin bu hareketine çok kızar ve onun kaba/görgüsüz biri olduğunu düşünerek kendine ait bütün arabaları geri çevirir ve şehzadeyi terk eder. Şehzade bu olaya çok üzülür ve Gülsün Sultan'a yakınlaşmak ve ondan öç almak için Keloğlan kılığına girer, onun sarayında bahçıvan olarak çalışmaya başlar. Şehzade bahçede rengârenk güller yetiştirmeye başlar ve Gülsün Sultan'ı kendine âşık eder. Birlikte kaçmaya karar verirler. Keloğlan yolda bulduğu kirli tarağı, yırtık peştamalı ve pis bir tası Gülsün Sultan'ın bohçasına kor. Şehzade baba yurduna geri gelir ve Gülsün Sultan'a bir kulübe yaptırır. Keloğlan kıyafetini çıkararak sarayına gider. Günde bir kere

Gülsün Sultan'ı Keloğlan kılığında ziyaret eder. Şehzade, vezirin kızı ile evlenmeye karar verir, Gülsün Sultan'dan da düğüne gitmesini ve oradan ipekli kumaş çalmasını ister. Gülsün Sultan istemeyerek de olsadüğüne gider ve Şehzade'nin kontrolünde olan saraydan ipekli şal çalar. Şalın çalındığı anlaşılınca Gülsün Sultana ceza verirler. Keloğlan bu sefer, Gülsün Sultan'dan hamamda hırsızlık yapmasını ister. Bu arada şehzâde bir tepsinin içine bir parça altın, bir parça şeker, bir gül, bir diken, bir nar tanesi koyarak baş kalfa ile hamama gönderir. Kadınlara tepsinin içindeki bilmeceye cevap veren kişi ile evleneceğini söyler. Sınav tepsisindeki soruya sadece Gülsün Sultan cevap verir ve şehzade onunla evlilik hazırlıklarına başlar. Gülsün Sultan, Keloğlan ile evli olduğunu şehzade ile evlenemeyeceğini söyler. Şehzade kendisinin Keloğlan olduğunu açıklar ve onu denemek için bu kılığa girdiğini söyler. Daha sonra kırk gün kırk gece düğün yaparak evlenirler.(Tansel, 1989: 146-151)

Yukarıda özeti verilen masalda, kahraman/Gülsün Sultan *"ayrılma-erginlenme-dönüş"* arketipleri bağlamında mitik yolculuk yapar.

1. Ayrılma Aşaması

Söz konusu aşamada anlatı kahramanı mitik mücadeleye çağrılır. Bu çağrı kimi zaman kahramanın içinden kimi zaman da dışından yükselir. Gülsün Sultan'ı yola çıkmayan zorlayan ses, Keloğlan'a duyduğu derin aşktır. Aşk Gülsün Sultan'ı memleketinden ayrılmaya zorlar (Tansel, 1989:146). Bahçesinde rengârenk güller yetiştiren Keloğlan ile kimseye haber vermeden kaçar ve başka bir diyarda hür, serbestçe yaşamayı arzu eder. Bu arzu, Gülsün Sultan'ın erginleşmesi/kemale ermesi ile ilgilidir.

2. Erginleşme Aşaması

Erginlenme aşaması, çağrıya cevap verip, büyülü eşiği aşan kahramanın girdiği yeni dünyadır. Bu dünyada, *"kahraman bir dizi sınavdan geçmek üzere tuhaf biçimde akışkan, belirsiz biçimlerin içinde ilerler."* (Campbell, 2013:113). Bu ilerleyişte kahramanın erginlenmesi, çeşitli engellere karşı mücadele etmesinden sonra gerçekleşir. Söz konusu engeller kimi zaman iç kimi zamanda dış güçler tarafından oluşturulan arketipik sembollerle ilgilidir. Bu aşamadaki arketipik engeller şu başlıklar etrafında sıralanabilir:

2.1. Ruhsal ve Bedensel Dirilişin Öncüsü: Yüce Birey Arketipi

Benliğin tamamlanmış yönünü karşılayan yüce birey, evrensel doğruları temsil eder ve kahramana yol gösterici öncü bir kişilik olarak yer alır. *"Bir grup üyesi için Yüce Birey öncelikle izdüşümlerin (bilinçdışı yansımaların) bir taşıyıcısıdır. Hem grubun hem de bir üyenin iç/tüm benliğini simgeleyen Yüce Bireyin varlığında ruhsal ortaklığın bilinçdışı bütünlüğü algılanır. Grubun tümünde varlığını hissettiren ruhsal yapının bilinçdışı yaratıcı gücü yani iç/tüm benlik Yüce Birey'de biçim bulur."* (Gökeri, 1979: 76). Üzerinde çözümleme yapılan masalda, Şehzade/Keloğlan ruhsal bütünlüğü ve bilinciyle yüce birey arketipine örnek verilebilir. Masalda yüce birey konumundaki Şehzade, don değiştirip Keloğlan kılığına girerek Gülsüm Sultan'ın bireyleşim sürecini tamamlamasına yardımcı olur. Masalda şehzadenin hünerinden ve bilgisinden bahsedilirken*"Bir nefesi ile dünyayı gülistana çeviren"*(Tansel, 1989:148) yönüne dikkat çekilerek şehzadenin/Keloğlan'ın varlığın sırrına erdiği söylenir. Problem çözen, aklı ile zorlukların üstesinden gelen, çeşitli oyunlarla düşmanını yenen bir tip olarak Keloğlan, modern zamanda*"Türk milletinin ortak aklı veya tamam bilicisi görevini üstlenmiştir."*(Özcan,2013:253).Masalda şehzade/Keloğlan akıl oyunlarıyla/sınavlarla Gülsün Sultan'ın kötücül huylardan kurtulması için ona yol gösterir. Çeşitli sınavlarla kahramanı ruhsal olarak uyandırmaya çalışan, Gülsün Sultan'ın hatalarını düzletmeye gayret eden ve büyük bir maceranın ardından Gülsün Sultan'ı normal yaşamın dünyasına ulaştıran şehzade/Keloğlan yüce birey arketipine örnektir. Masalda yücebirey olan Keloğlan, Gülsün Sultan'ı uyandırmak ve onun erginleştirmek için türkü de söyler. Aşağıdaki dörtlükte Gülsün Sultan'ın gururuna yenildiğini vurgular:

"Aç, gülüm aç desem güller açıyor;

Saç gülüm saç desem renkler saçıyor;

Lâkin değil hiçbirisi gözümde;

Çünki benim yârim benden kaçıyor." (Tansel, 1989:147)

Türkü, insanın bireyleşmesine ve onu uyanık kalmasına yarımcı olur. Keloğlantürkü söyleyerek hem Gülsün Sultan'ı bireyleştirir hem de Gülsün Sultan'açektiği sıkıntılara karşı dayanma gücü verir.

2.2. Benliğin Karanlık Yönü: Gölge Arketipi

Benliğin karanlık yönünü simgeleyen gölge arketipi, bireyin bilinçaltını ele geçiren iç kuvvetler ile ilgilidir. Benliğin açıklanmayan/itiraf edilmeyen yönünü karşılayan bu arketip ile erginleşmek için hesaplaşmak gerekir. Gölgeyi; *"Prensiplerimize aykırı olduğu için, ahlaksal, estetik ya da başka nedenler kabul etmek istemediğimiz ve farkında olmadan bastırdığımız nitelikler oluşturur."* (Gökeri, 1979: 18). İnsanın gurur, öfke, korku ve kin gibi olumsuz duyguları gölge arketipinin özelliklerini oluşturur. Üzerinde çözümleme yapılan masalda Gülsün Sultan'ın gururuna/kibrine yenik düştüğü vurgulanır. Şehzadenin yolda bir nar tanesi yemesi, Gülsün Sultan tarafında görgüsüzlük olarak yorumlanır. O, evleneceği insanın pis/kaba birisi olduğunu düşünür ve şehzadeyi terk eder.

Bireyin olumsuz duygularından olan gurur, onun anlamlı bir hayat yaşamasına engel olur. Kendisini yeryüzü tanrıçası gibi gören Gülsün Sultan, gururunu aklının önüne geçirerek gölgesinin kurbanı olur. Kendini beğenen, her şeyin kendi menfaatine olduğunu düşünen ve bencil olan Gülsün Sultan, benlik değerlerinin azaldığını fark edemez. Gurur, terbiye/ıslah edilmeyennefisten kaynaklanır. Gurur/kibir "nefs-i emarenin" özellikleri ile ilgilidir. *"Nefs-i emmare emreden nefs, kibirli nefs, kötülüğü teşvik eden nefs olarak adlandırılır. Zalim nefs bize egemen olmaya, düşüncelerimizi ve eylemlerimizi kontrol etmeye çalışır."(*Frager, 2010:75).Nefsini terbiye edemeyen/gölgesi ile yenik düşen Gülsün Sultan, şehzadeyi yolda bırakarak ruhundaki cevheri karartmaya yönelir.

Üzerinde çözümleme yapılan masalda kirli tarak, yırtık peştamal ve pis bir tasGülsün Sultan'ın içindeki gölgeyi temsil eder. Bu nesneleri iğrenerek bohçasına koyan Gülsün Sultan, söz konusu nesneler yarımıyla gölgesi/gururu ile yüzleşir. Bireyler, bilinçdışının karanlığına hapsettiği olumsuz duygularını kontrol altına almayı öğrendikleri zaman bireyleşim süreçlerinde önemli bir yol almış olur.

2.3. Arınmanın Aşamaları: Sınavlar

Çağrının sesine kulak verip yola çıkan kahraman, çeşitli sınavlarla denenir ve bu sınavlarla erginleştiğini gösterir. Sınavlar yolunda kahraman, düşmanları ile yüzleşir ve sınavlar dünyasının kurallarını öğrenir. *"Sınavların gerçekleştiği özel dünya, tuhaf biçimde akışkan ve belirsiz biçimlerden oluşmuş bir düş evreni gibidir. Kahraman bu evrende akıl hocasının öğütlerinden, kendisine sunulan özel armağanlardan ve dostlarından destek alır."* (Tecimer, 2005:160). Sınavlar yolu bir alamda kötücül duygulardan kurtulma/nefsi terbiye etme yoludur. Arınma aşaması olarak da kabul edilen sınavlar yolunda, enerjinin aşkın/istendik olgulara yöneldiği görülür.

"Nar Tanesi Yahut Düzme Keloğlan" masalında sınav, hamamdaki kadınlara bir tepsi içinde gönderilen bir parça altın, bir parça şeker, bir gül, bir diken, bir nar tanesinin simgesel değerini açıklamak ile ilgilidir. Tepsinin içindekinesnelerin simgesel değerlerini bilen kişi ile şehzadenin evleneceğini söyler. Söz konusu nesnelerin simgesel değerini Gülsün Sultan şöyle açıklar:

"Altun gibi azizdim

Şeker gibi lezizdim

Saltanat ağacında

Yetişmiş tek filizdim

Naz bağında gül iken

Oldum bir kaba diken

Sebep bir nar tânesi

Keloğlan'a vardım ben" (Tansel, 1989: 150)

Söz konusu sınavda sadece Gülsün Sultan başarılı olur. Bu başarı kahramanın olgunlaştığını gösterir. Tepsi, yuvarlak oluşuyla döngüsünü tamamlayan/erginleşeninsanı temsil eder.*"İçi dolu yuvarlağa ilişkin hayaller, kendi üstümüzde toplanmamıza, kendimize bir ilk kuruluş sağlamamıza, varlığımızı içeriden, içsel biçimde ileri sürmemize yardımcı olur."* (Bachelard, 2017:279-280). Bu bağlamda tepsi, genelde dünyayı özel de ise bireyin yaşamını temsil eder. Büyük bir küre halinde devingenliği ile kendi yasası içinde hareket eden dünya ile erginleşen/bireysel var oluşunu tamamlayan insan bu metinde tepsi ile sembolize edilmiştir. Hayatın gizemini/bilmecesini çözmek erginleşme mümkündür. Tepsideki altın, şeker, gül, diken ve nar Keloğlan/şehzade tarafından tesadüfen seçilmemiştir. Altın saf bilinci, şeker huzuru/mutluluğu, gül dikeneyle huzursuzluğu simgeler. Gülsün Sultan söz konusu nesnelerin simgesel değerini yaşadığı hayat bağlamında ele alır ve cevabı kendi yaşamında olan bu bilmeceyi çözümler. Gülsün Sultan, *"Yolun sonuna geldiğinde gizemli tohumun açımlanmamış sırrını, bilinç düzeyine yükselerek fark eder ve evlilik düğümü/bağı ödülüyle eve/öze geri döner. Mitolojik bir anlatı olan masalda, görünenin ardındaki görünmeyeni anlamlandırabilmek, özüne dönebilmek mesajları verilmektedir."* (Şenocak, 2016: 246). Söz konu mesajların nar bağlamında verilmesi, narın halk kültüründe ve inanışında sahip olduğu kutsallık ile ilgilidir. Açа'ya göre Türk inanış ve düşünce sisteminde narın kut, bereket, uğur getirdiğine dair inanç yer almaktadır (2008:259) Bu inanç masala da taşınmış nar tanesi ile başlayan mitik yolculuk, bir nar tanesi ile son bulmuştur. Şehzade'nin sınavlarıyla ve çektiği sıkıntılarla Gülsün Sultan, olgunlaşıp aza kanaati, nimete saygıyı öğrenerek bireyleşim sürecini tamamlamıştır. Bu gelişim Gülsün Sultan'a evlilik ödülünü kazandırmıştır.

3. Dönüş Aşaması

Kendi olma bilincine sahip olarak ve animasıyla bütünleşerek ruhsal erginliğini tamamlayan mitik kahraman/Gülsün Sultan dönüş aşamasında erginleşmiş şekliyle yer alır. Erginlenme varoluşsal yenilikle ilgilidir. *"Dünyanın içinde yuvarlanan kahraman, benin eşiğinden çıkarak kolektif bilinçdışına uzandığı serüveninde erginlenme döneminin aşamalarını başarıyla tamamlamıştır."* (Özcan, 2003: 112). Nefsini terbiye eden ve bundan sonra ülküsü/ailesi için yaşayacak olan Gülsün Sultan, her türlü engeli aşabilecek örnek kadın olmuştur. Söz konusu kadın masalın sonunda Keloğlan/şehzade ile evlenmeyi hak eder. Bir ödül olarak evlilik, kahramanın geçirdiği aşamayı sembolize eder. Benliğini tanıyan, gururdan uzaklaşan, nimetin (narın) değerini/kutsallığını anlayan Gülsün Sultan, kolektif bilinçdışının temsilcisi konumundaki Şehzade tarafından bir dizi sınavdan geçirilerek büyük bir ruhi arınma sürecini yaşamıştır.

Sonuç

Halk anlatıları arasında geniş bir yer tutan masallarda, bilinçdışının sembol üretme ayrıcalığından yararlanılarak evrensel değerler geleceğe aktarılır. Değerlendirmeye esas alınan *"Nar*

*Tanesi Yahut Düzme Keloğlan"*masalında dakolektif bilinçdışına ait sembollerin kullanılarak iyilik, doğruluk, sadakat, kutsal değerlere saygı gibi istendik değerlere göndermeler yapıldığı tespit edilmiştir. Arketipsel sembolizmdeki *"yolculuk, yüce birey, gölge, aşama"* arketipleri masalın fiktif (kurmaca) dünyasında sembol değerlerle örülü bir şekilde serüven boyunca rol alır. Adı geçen arketiplerin varlığı, insanlığın edebi metin yaratmadaki ortaklığını gösterir.

Üzerinde çözümleme yapılan masalda mitik kahraman, gururuna/gölgesine yenik düşer bundan dolayı bilinmezlik diyarında çeşitli sınavlarla karşı karşıya kalır. Söz konusu sınavlardan erginlenerek çıkan kahraman, Joseph Campbell'in *"ayrılma-erginlenme-dönüş"* şeklinde formüle ettiği mitik yolculuğunu/ruhsal erginliğini gerçekleştirir. Bu yolculukta kötücül duygulardan kurtulur ve nimetin değerini anlar. Hem evrensel kültürde hem de Türk kültüründe öne çıkan eşe sadakat, zorluklara birlikte karşı koyma, hırsızlığın kötülüğü, kibrin yıkıcılığı gibi değerlere yönelik mesajlar verilir.

Kaynakça

Açа, M. (2008).Türk inanış ve düşünüş sistemlerinde meyve, *TurkishStudies, Volume 3/5 Fall 2008*, s.239-261.

Alptekin, A.(2002). *Taşeli Masalları*. Ankara: Akçağ Yayınları.

Bachelard, G. (2017). *MekanınPoetikası (Çev. Alp Tümertekin).*İstanbul:İthaki Yayınları.

Campbell, J. (2013).*Kahramanın Sonsuz Yolculuğu(çev: Sabri Gürses).*İstanbul: Kabalcı Yayınevi.

Gökeri, A.İ. (1979). *Arketiplere Dayanan Yeni Bir İnceleme Yönteminin Tanıtılarak İngiliz ve Türk Edebiyatında Bazı Romans ve Epik Niteliğinde Yapıtlara Uygulanması.* Doktora Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi DTCF.

Frager, R. (2010).*Kalp, Nefs ve Ruh,(çev. İbrahim Kapaklıkaya).*İstanbul: Gelenek Yayıncılık.

Jung, C. G.(2012). *Dört Arketip (çev. Zehra Aksu Yılmazer).* İstanbul: Metis.

Özcan,T.(2003). Osmancık romanının arketipsel sembolizm bakımından çözümlenmesi. *Bilig,*S.26, s. 103-115

ÖZCAN, T. (2013). Modern bir öncü: keloğlan.*Bilig,* S.65, s.247-258.

Şenocak, E. (2016).Halk anlatı ve inanışlarında mitolojik bir meyve: nar.*Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi* Cilt:4, Sayı:8, s. 228-251.

Tansel, F. A. (1989).*Ziya Gökalp Külliyatı-1 Şiirler ve Halk Masalları.*Ankara: TTKY.

Tecimer, Ö. (2005). *Sinema Modern Mitoloji.*İstanbul:Plan B Yayınları.

Sağlık Sisteminde İyi Yönetişimin Boyutları

Mail ÖZÇELİK

Giriş

Sağlık, bireyin yalnızca fiziksel ve sosyal yönden iyi olması değil aynı zamanda sürdürülebilir bir kalkınma ve iyi yönetişimin de temel bir göstergesidir. (Logie, Rowson & Ndagije,2008). Yönetişim, iyi sağlığı teşvik etmek ile birlikte, ülkelerin ekonomik ve sosyal açıdan belirli bir refah düzeyini yakalamada en önemli belirleyicilerden biri olarak kabul edilmektedir (Siddiqi & ark., 2009). İyi yönetişimin amacı, vatandaşların bireysel ve sosyal ihtiyaçlarını karşılamak, toplumun ekonomik ve mali yönetim etkinliğini iyileştirmek, hukuk ve adaleti güçlendirmek ve vatandaşların sosyal, ekonomik, politik ve ruhsal yönden temel insan haklarını korumaya çalışmaktır (Kefela, 2011). Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı iyi yönetişimin amaçlarını; yoksulluğun azaltılması, sürdürülebilir refah ve istihdam yaratılması, çevrenin korunması ve yenilenmesi, ekonomik büyüme ve özellikle kadınların sosyal ve ekonomik gelişimine yönelik çabalar, olarak sıralamıştır (UNDESA, 2012).

Son yıllarda iyi yönetişim, modern kamu yönetiminde sıkça gündeme gelmiş olmakla birlikte, sağlık yönetişimi sağlık sisteminde en fazla ihmal edilen ve en az anlaşılan konulardan biridir (Jafari & ark., 2019). Kamu yönetişimi ile benzer amaçları tanımlayan sağlık yönetişimi, sağlığı bir insan hakkı olarak görerek, toplumun refahını ve hakkaniyetli bir sağlık bakım sistemini öngeren bir değer çerçevesi çizmektedir (Kar, 2018). Sağlık yönetişimi, sağlık hizmetlerinin kaliteli, etkin ve verimli bir şekilde sunulmasını taahhüt eden ve evrensel sağlık bakım kapsamı ile ulusal sağlık politikası hedeflerine ulaşmada etkili bir mekanizmadır (Adeloye & ark., 2017). Sağlık sektöründe iyi yönetişim; hizmetler için gerekli kaynakların yaratılması, toplumdaki sağlık sorunlarına yönelik stratejik hedef ve politikaların belirlenmesi, uygulanması ve sonuçlarının izlenmesini de içeren geniş bir faaliyet dizisinden sorumludur.

Sağlıkta iyi yönetişim, diğer tüm sağlık sistemi işlevlerini etkileyerek, sağlık hizmetlerinin performansının artırmakta ve nihayetinde nüfusun sağlık sonuçlarını iyileştirmektedir (Nawaz & Mohamed, 2020; Siddiqi & ark., 2009). Öte yandan, Dünyada sağlık sistemlerinin performansına ilişkin bir takım yetersizlikler söz konusudur. Özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerdeki nüfusun büyük bir bölümü sağlık hizmetlerine erişim ve uygun fiyatlı sağlık hizmet sunumu bakımından önemli sorunlar yaşamaktadır (Avelino, Barberia & Biderman, 2013; Singh & Sachs, 2013). Bununla birlikte, sağlık sistemlerinin sınırlı kaynaklarını sağlık müdahaleleri ve coğrafik kapsam açısından nasıl önceliklendireceği, adil kaynak tahsisi, temel sağlık hizmetleri ve sağlığı iyileştirmeye yönelik faaliyet gösteren tüm kurum ve yapıların işlevsel kapasitesini en üst düzeye çıkarmasındaki başarısızlığı giderek artmaktadır (Debie, Khatri &Assefa, 2022). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), 2012 Raporunda, vergiler veya sigorta fonları tarafından finanse edilip edilmediğine bakılmaksızın, Avrupa sağlık sistemlerinin, karmaşık zorluklarla karşı karşıya olduğu açıklanmıştır (WHO, 2012).

Pakistan'da yapılan bir araştırmada, sağlık göstergeleri ile iyi yönetişimin belirleyicileri arasında önemli ve doğrusal bir ilişki tanımlanmıştır. Çalışmada, uzun vadeli sağlık sonuçlarına odaklanmada ve nüfusun sağlık sonuçlarında arzu edilen iyileştirmeler için iyi yönetişim ilkelerine ihtiyaç duyulduğu vurgulanmıştır (Nawaz & Mohamed, 2020). Mosadeghrad & Rahimitabar (2019) tarafından, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 11 ülke üzerinde yapılan bir çalışmada, ülkelerin çoğunda sağlık sistemlerinin yönetişim boyutuna ilişkin belirgin sorunlar yaşandığı ve bu durumun sağlık hedeflerine ulaşmada önemli zorluklar yarattığı belirtilmiştir. Jafari ve ark., (2019), İran'da yaptıkları bir çalışmada, İran sağlık sisteminin karşı karşıya kaldığı başlıca yönetişim sorunları; "sağlık sistemi ve sistem dışı kurumlar arasında fikir birliğinin olmaması, politika ve karar alma süreçlerine paydaş katılımının azlığı, şeffaflık ve cevap verebilirlikte yetersizlik, hizmetlere yönelik hakkaniyetsizlik ve sağlık odaklılık yerine tedavi odaklı bakım uygulamaları" olarak açıklanmıştır. Öte yandan sağlık hizmetlerinin hastaneler tarafında da hizmet sunumu açısından yetersiz ya da zayıf bir hesap verebilirlik ve şeffaf olmayan bir yapı mevcuttur. Hastanelerde klinik yönetişimi destekleyen klinik kalite ve standartlara ilişkin çalışmalar, diğer mali ve kaynak yönetimi konularının gerisinde kalmıştır (Kaini, 2013). Vietnam'da bir kamu hastanesinde yapılan çalışmada, hastanede etik liderlik, pazar veya yenilik odaklı kültür, bilgi paylaşımı ve güvene dayalı bilgi oluşturma gibi davranışsal dönüşümlerde klinik yönetişimin önemli bir kaldıraç işlevi görebileceği belirtilmiştir (Tuan, 2012). Küresel Yolsuzluk Raporu'nda (2006) yolsuzluğun, yoksul ülkelerde daha derin olmakla birlikte, gelişmiş ülkelerde de çözüm bekleyen temel problemlerden biri olduğu ifade edilmiştir. Yolsuzlukların her toplumda yansımaları farklı olmakla birlikte yoksul grupların orantısız bir şekilde daha fazla etkilendiği gösterilmiştir (Pluto Press, 2006). Sande, Walela & Wamukoya, (2015), bir ülkenin ekonomik ve sosyal yönden iyi bir refah düzeyi yakalayabilmesi, kaynaklarını etkin ve verimli kullanabilmesi ve adil bir kamu finansman yönetimi için sürdürülebilir bağımsız denetim mekanizmalarına ihtiyaç duyulduğunu öne sürmektedir. DSÖ 2000 Raporunda sağlık finansmanı, kaynak yaratma, hizmet sunumu ile birlikte "iyi yönetişim" sağlık sisteminin dört ana işlevinden biri olarak önerilmiştir (WHO, 2000). Petersen & ark., (2017), düşük ve orta gelirli ülkelerde yaptığı bir araştırmada, iyi yönetişimin ulusal ruh sağlığı politikalarının geliştirilmesine yönelik olumlu katkılarına değinmiştir. Çalışmada, sağlık sistemin diğer alanları ile entegre ruh sağlığı planlarının geliştirilebilmesi için; alt seviyelerdeki yöneticilerin kapasitelerinin güçlendirilmesi, yanıt verebilirliğinin artırılması, verimlilik ve etkinliğin teşvik edilmesi, sektörler arası paydaş işbirliğinin geliştirilmesi ve ruh sağlığı okuryazarlık oranının artırılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Birleşmiş Milletler (BM), DSÖ ve Dünya Bankası gibi uluslar arası kuruluşlar, daha iyi kamu yönetimi ve işlevsel sağlık sistemleri için ülkelerin yerine getirmesi gereken koşulları tanımlayarak, iyi yönetişimi destekleyen değerlendirme çerçeveleri önermiştir (Brinkerhoff & Bossert, 2008; Lewis & Pettersson, 2009; Siddiqi & ark., 2009). Literatürde sağlık sistemi yönetişimini ölçen çerçeveler, çoğunlukla yönetişimin bileşenleri ile nüfusun sağlık sonuçlarını ilişkilendiren göstergelerden oluşmaktadır (Debie, Khatri &Assefa, 2022; Jafari & ark ., 2018; Siddiqi & ark., 2009; WHO,2014). Bununla birlikte sağlık sistemi performansının yönetişim boyutunu değerlendiren ampirik araştırmalar henüz başlangıç aşamasındadır.

Dünya ülkelerinin yönetişim endeksi Dünya Bankası veri tabanında 1996 yılından beri yayınlanmakta ve ülkelere -2,5 ile +2.5 arasında bir skor tanımlanmaktadır (Kaufmann, Kraay & Mastruzzi, 2010). 1996-2016 yılları arasındaki iyi yönetişim endeksi sırlamasında ilk on sırada Hollanda, Finlandiya, Yenizelanda ve İsviçre gibi gelişmiş ülkeler yer alırken, Türkiye bu sıralamada negatif kısımda yer almıştır (The World Bank, 2022). Ancak Türkiye 2000'li yıllardan itibaren kamu hizmetlerinde olduğu gibi sağlık sektöründe de iyi yönetişim uygulamalarını hayata geçirmeye

başlamıştır (Koca, 2021). Sağlık Bakanlığı, "2019-2023 Stratejik Plan" kapsamında, sağlık sorumluluğunun geliştirilmesine yönelik çok paydaşlı yönetişim modelini hayata geçirerek, özellikle bilgi yönetimi sistemlerinin güçlendirilmesi ve sağlık hizmetlerinde vatandaş memnuniyetinin artırılması ile sağlık sistemi verimliliğinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir (T.C.Sağlık Bakanlığı, 2022).

Bu çalışmada amaç, sağlık sisteminde iyi yönetişim kavramını tanımlayarak, sağlık sistemleri için önerilen iyi yönetişim boyutlarını açıklamaktır.

Sağlık Sisteminde İyi Yönetişimin Boyutları

Yönetişim kavramı ilk defa Dünya Bankası tarafından, gelişememiş ülkelerin yönetim alanında yaşadıkları sorunlara bir çözüm önerisi olarak ortaya çıkmıştır (Yıldırım, 2019). Yönetişim, geleneksel yönetim yapılarının tek başlarına hareket etmelerinin ötesinde, birlikte düzenleme, yönetme, üretme ve birlikte kamu-özel işbirliğini içermektedir. Dolayısıyla yönetişim kavramı yukarıdan aşağıya tek taraflı bir yönetim anlayışı yerine hep birlikte yönetmeyi öngören bir sistem olup, bu sistem içerisinde katılımcılığa önem veren bir yaklaşımı tanımlamaktadır (Yıldırım,2018). Yönetim (management) ve yönetişim (governance) kavramları çoğunlukla bir biri yerine kullanılsa da fonksiyonel olarak birbirinden farklıdır. Yapılan işlerin yürütülmesi yönetimin görevi iken, işlerin amaca uygun yürütülmesi yönetişimin görevi olmaktadır (Hayran, 2016). Birleşmiş Milletler Kalkınma Programına göre yönetişim**,** bir toplumun ekonomik, politik ve sosyal işlerin devlet, sivil toplum ve özel sektör arasındaki etkileşimler yoluyla yönettiği değerler, politikalar ve kurumlar sistemidir. Avrupa Toplulukları Komisyonu yönetişimi, insan hakları, demokratikleşme, hukukun üstünlüğü, sivil toplum katılımı, merkezi olmayan güç paylaşımı ve sağlam kamu yönetimi süreçlerini içeren bir kavram olarak tanımlamıştır. Dünya Bankası yönetişimin anlamını aşağıdaki şekilde genişletmiştir.

- Ülke yönetiminde yetkili olacak kişilerin seçildiği, izlendiği ve demokratik yollar ile değiştirildiği bir süreçtir.
- Hükümetin, kaynaklarını etkin bir şekilde yönetme ve sağlam politikaları oluşturabilme ve uygulayabilme kapasitesidir.
- Vatandaşların ve devletin, ekonomik ve sosyal etkileşimleri yöneten kurumlara saygısı göstermesidir (The World Bank,2004).

Yönetişimin temel işlevleri yerine getirmesi durumunda ortaya çıkacak yararlı sonuçlar;

- Kamu yönetiminin vatandaşa yaklaşması ve katılımcılığın sağlanması
- Yönetim etkinliğinin ve verimliliğin iyileştirilmesi
- Yolsuzlukla mücadele ve sosyal eşitsizliklerin azaltılması
- Kararların zenginleşmesi ve demokrasinin güçlendirilmesi
- Kararların ve uygulamaların şeffaf, hesap verebilir ve anlaşılır olması, şeklinde sıralanmıştır (Yıldırım, 2018).

Yönetişim sözcüğü, elli yılı aşan bir süredir kullanılmakla birlikte sağlık alanında yaygınlaşması iki binli yıllara rastlamaktadır (Hayran, 2016). Sağlık alanında iyi yönetişimden kastedilen şey, bireylerin ve toplumun sağlığını korumak ve daha iyi bir düzeye getirmektir. Bunu yapabilmek için de devletler politika oluşturma ve karar vermede toplumdaki diğer aktörleri de işin içine dâhil etmek durumundadırlar. Sağlık alanındaki söz konusu aktörler, hizmet alıcılar, hizmet sunucular ve hükümet aktörleri olarak sıralanabilir. Bu aktörler ve aralarında dengeli bir ilişki olmaksızın sağlık alanında iyi yönetişimden söz etmek güç olacaktır (Koca, 2021). Amerika Birleşik Devletleri Uluslararası Kalkınma Ajansı (USAID), sağlık sistemi yönetişimini, insan sağlığını korumayı ve

geliştirmeyi taahhüt eden bir tür yönetim biçimi olarak tanımlamaktadır. Bu tanım; sağlık sistemlerinde stratejik yön ve hedefin belirlenmesi, politikaların oluşturulması, kararların alınması, stratejik hedefler için kaynakların sağlanması, stratejik hedeflerin izlenmesi ve süreçlerin kontrolünü içermektedir (USAID, 2017).

Sağlık hizmetlerinin ulusal ve küresel düzeyde yönetişimi dışında, bireysel düzeydeki uygulamaların önemi nedeniyle ortaya çıkan bir diğer kavram "klinik yönetişim"dir. Klinik yönetişim, sağlık hizmeti sunan kuruluşların, hatasız ve güvenli hizmet sunumu konusunda yüksek standartları sağlayıcı bir ortam yaratması ve hizmetlerde kalitenin sürekli iyileştirilmesine yönelik hesap verebilirliğini ifade etmektedir (Hayran, 2016).

Literatürde uluslararası boyutta yer alan yönetişim çerçeveleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1*. Yönetişiminin Değerlendirilmesine İlişkin Mevcut Çerçeveler*

DSÖ sağlık sistemi yönetişim ilkeleri	**Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı iyi yönetişim ilkeleri**
Stratejik sağlık politikaları oluşturma Bilgi ve veri toplama Sağlık sistemi organizasyon yapılarının tasarımı Sağlık sistemi politikalarının uygulanması için kaynak oluşturma ve adil kaynak dağılımı Düzenleme, uygulama ve yaptırım faaliyetleri Bağımsız gözetim, izleme, inceleme ve denetim mekanizmaları Şeffaflık ve hesap verebilirlik (WHO, 2014).	Sosyal katılım Hakkaniyet ve kapsayıcılık Hukukun üstünlüğü Etkinlik ve verimlilik Şeffaflık Hesap verebilirlik Cevap verebilirlik Stratejik vizyon Fikir birliği yönelimi (WHO, 2014).
Amerika Birleşik Devletleri Uluslararası Kalkınma Ajansı yönetişim ilkeleri	**Dünya Bankası yönetişim ilkeleri**
Stratejik yön ve hedef belirleme Stratejik amaç ve hedeflere yönelik yasalar, politikalar ve düzenlemeler Stratejik amaç ve hedefleri denetleme ve bilgilendirme Kaynak yaratma ve adil kaynak dağılımı (USAID, 2017)	Sorumluluk ve hesap verebilirlik Düzenleyici kalite Siyasi İstikrar ve şiddetin yokluğu Hukukun üstünlüğü Hükümet etkinliği Politikalar oluşturma ve uygulama Yolsuzluğun Kontrolü (Savedoff, 2011).

Siddiqi & ark., (2009), literatür ışığında mevcut yönetişim ilkelerine ilaveler yaparak bu çerçeveyi 10 madde olarak genişletmiştir (Şekil 1).



Şekil 1*. Sağlık Sisteminde İyi Yönetişimin Boyutları*

Stratejik vizyon

Vizyon, bir organizasyon için hayal edilen gelecektir. Stratejik vizyon, organizasyonun ya da yapılmak istenen eylemlerin gelecekteki stratejik rotasının çizilmesidir (Akduman, Hatipoğlu & Pehlivan, 2021). İyi bir stratejik vizyon, iyi dizayn edilmiş stratejik bir planlamaya ihtiyaç duyar. Stratejik planlama, bir karar biriminin misyon, hedef ve stratejilerine ulaşmak için karar biriminin, gereksinimlerinin, çevresel koşulların, müşteri ilişkilerinin, organizasyonel yeteneklerin ve zayıflıkların gözden geçirilmesini içeren bir dizi faaliyetten oluşur. Stratejik planlamanın ilk aşamasında karar birimin sahip olduğu tüm varlıkları (performans göstergeleri, insan kaynakları, tesisler, araçlar, ekipman ve malzeme, bilgi ve iletişim teknolojileri, finansal planlar, ihtiyaçlar, hizmet sunumunda yer alan kişi, kurum ve kuruluşların rol ve sorumlulukları) gözden geçirilerek mevcut durum analizi yapılır. Karar biriminin güçlü ve zayıf yönleri ile iç ve dış çevreden kaynaklanan fırsat ve tehditleri belirlenir (Jafari & ark., 2018). İkinci aşamada, yapılacak işlere yönelik misyon, stratejik amaçlar, yol gösterici ilkeler, hedefler ve stratejik girişimler ele alınır. Bu aşamada stratejik amaçlara ulaşmada belirlenen tüm faaliyetler ve projeler tanımlanır. Üçüncü aşamada, belirlenen amaç ve hedeflere yönelik geliştirilen bir dizi stratejiler, faaliyetler ve eylemler bir plan dahilinde uygulanır En son aşamada, ulaşmak istenen hedeflerin gerçekleşme durumu ya da görevlerin amaçlandığı gibi yürütülüp yürütülmediğinin, istenilen sonuçlara ulaşılıp ulaşılmadığının takibi yapılır, işlem ve faaliyetler gözden geçirilir, uygulama sonuçları ile önceden belirlenen stratejik amaç ve hedefler karşılaştırılır (Rasouli & ark., 2020). Stratejik vizyon, sağlık sistemi aktörlerinin önceliklerinin ve beklentilerinin tanımlanmasına, kısa ve orta vadeli performans kriterler oluşturulmasına ve politikaların hükümetin öncelikleriyle uyumlu hale getirilmesi için paydaş gruplar arasında fikir birliğinin oluşturulmasına rehber eder (Kaplan & ark., 2013).

Sosyal katılım ve fikir birliği yönelimi

Yönetişimin en temel boyutlarından birisi ve onu diğer yönetim anlayışlarından ayıran farklardan en önemlisi sosyal katılımın ön plana çıkmasıdır. Katılımcılık yalnızca bireysel özgürlüklerin tanındığı bir toplumda gerçekleşebilecektir. Bireysel özgürlük ile yönetişim arasında kuvvetli ve pozitif ilişki tanımlanmıştır. Bireysel özgürlük ne kadar artarsa yönetişim skorunun da

o derece artacağı ortaya çıkmıştır. Yönetişimin kalitesini artırmanın ve iyi yönetişim anlayışını hâkim kılmanın yolu; ülkelerin ekonomik, sağlık ve özellikle bireysel özgürlük seviyelerini artırmaktan geçmektedir (Soyupek, 2018). Sağlık hizmetlerine katılım, sağlık bilgilerinin paylaşımı için bir fırsat yaratarak, toplumda genel sağlığın teşviki, geliştirilmesi, sağlıkla ilgili bilgi ve becerilerin artmasını kolaylaştırmaktadır (Jafari & ark., 2018). Diğer yandan sağlık sektörü; kamu, özel sektör, sivil toplum kuruluşları, hastalar, vatandaşlar ve diğer aktörlerle birlikte çalışmalı ve karar alma süreçlerinde paydaşların etkin katılımını teşvik etmelidir (Jafari & ark., 2019). Sağlık sektörüne hasta katılımı; uygun tedavi ve bakımın sağlanmasında, sağlık sonuçlarının iyileştirilmesinde, risk faktörlerinin azaltılmasında, hastalıkların önlenmesinde, hasta güvenliğinin artırılmasında, şikayet ve davaların azaltılmasında önemli bir faktör olarak görülmektedir. Vatandaş katılımı ise; kamu harcamalarında önceliklerin belirlenmesini, sağlık hizmeti talebinin etkin yönetimi ve vatandaşların ihtiyaç ve beklentilerinin karşılanmasını kolaylaştırarak, hesap verebilirliği güçlendirmektedir (WHO, 2012).

Hukukun Üstünlüğü

Sağlık hakkı, bir ülkedeki vatandaşların sağlıklı bir yaşam sürdürebilmesi için devletin taahhüt ettiği tüm koşulları içermektedir. Devletlerin diğer insan haklarında olduğu gibi sağlık hakkını geliştirmek için de üç taahhüt boyutu bulunmaktadır.

Saygı taahhüdü: Devlet bireylerin hareket etme özgürlüğünü ve onurunu koruyacak şekilde hareket etmelidir.

Destekleme taahhüdü: Devlet bireylerin haklarına müdahale etmemeli, saygı göstermeli aynı zamanda üçüncü şahısların müdahalesini de engellemelidir. Bu, sağlık risklerini en aza indirmek ve insanların sağlık hakkını üçüncü şahıs müdahalelerine karşı korumak için gerekli adımları atılması anlamını taşımaktadır.

Harekete geçme taahhüdü: Devletin insanların sağlıklı olmalarını sağlayacak eylemlerde bulunmasıdır (Jafari & ark., 2018).

Hukukun üstünlüğü, sağlıkta iyi yönetişimin ana bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu ilke, hukuk kurallarının yönetsel erkin üstünde olduğunu kabul etmektedir. Hukukun üstünlüğü ilkesi ile, keyfiliğin önüne geçilmekte, bireysel ve toplumsal özgürlükler hukuk kuralları ile güvence altına alınmaktadır. Hukukun üstünlüğü ilkesine göre, toplum devletin vesayeti altında olmadan bağımsız bir şekilde, katılımcı ve egemenliğin sahibidir (Yıldırım, 2019). Bu ilke çerçevesinde sağlık otoriteleri, sağlık hizmetlerinden yararlanan tüm gruplar için hizmet sunumu ve erişimde hakkaniyeti sağlaması ve mevcut yasal prosedürlerin uygulanmasına ilişkin tüm önlemleri almalıdır (Jafari & ark., 2019). Sağlığa ilişkin tüm yasal çerçeveler tüm vatandaşlar için adil olmalı ve sağlıkla ilgili insan haklarına yönelik yasal hak ve düzenlemeler tarafsız bir şekilde uygulanmalıdır (Siddiqi & ark., 2009).

Şeffaflık (Açıklık)

Şeffaflık, izlenen politika ve prosedürlerin açık bir şekilde açıklanmasını ve etkilenen bireylerin veya toplulukların kendileriyle ilgili herhangi bir karardan haberdar olmasıdır (WHO,2017). Başka bir deyişle Şeffaflık, kamu yada özel sektörde karar alma sürecinde yetkili olan kişilerin kararların alınması ve uygulanması sürecini açık bir şekilde paydaşlarla paylaşmasıdır (Yıldırım, 2019). Şeffaflık, öğrenmeye izin vermesi, hesap verebilirliğe katkıda bulunması ve kurumsal performansı şekillendirmesi bakımından önemli bir bileşendir. Günümüzde artan kamu bilinci, sağlık bilgi teknolojilerinin yaygınlaşması ve toplumların adalet ve sosyal katılım arayışı, şeffaf hizmetleri ve

uygulamaları bir kamu değeri ve talebi haline getirmiştir. Sağlık sistemlerinde, hizmet sunucular veya tıbbi hizmetler tarafından yapılan hataların bildirimine yönelik iletişim birimlerinin kurulması, yayınlanan sağlık ve tıp merkezlerinin denetim raporları ve sağlık istatistiklerinin halkın erişimine açılması sağlık yönetiminde şeffaflığı artıran uygulamalardır (Jafari & ark., 2019). Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere ve Fransa gibi ülkeler, tıbbi bilgiyi standardize etmek, hekimlerin mesleki bağımsızlığını korumak, ülkenin mali kaynaklarının kaybını önlemek ve verimliliği artırmak için, hastalıkların teşhisi, tedavisi ve doğru hasta yönetimine yönelik bir dizi kılavuz geliştirmiştir. İngiltere, hastanın terapötik etkinliğini ve hasta güvenliğini artırmak amacıyla 1997'den bu yana hasta dosyalarını elektronik olarak kaydetmektedir**.** İsveç 1990'ların başından itibaren gerçekleştirdiği sağlık sistemi reformu ile sağlık sisteminde şeffaflığı artırmayı amaçlamıştır (Jafari & ark., 2018).

Cevap verebilirlik

Cevap verebilirlik, sağlık sisteminin bölgesel ve yerel düzeyde nüfusun sağlık ihtiyaçlarına cevap verme yeteneğidir (Kaplan & ark., 2013). İyi çalışan bir sağlık sistemi klinik olmayan boyutlarda da insanların beklentilerine ve ihtiyaçlarına cevap verebilmelidir. Sağlık sisteminde cevap verebilirliğin alt bileşenleri; hızlı ve özenli bakım, iyi iletişim , özerkliğe ve mahremiyete saygı, hizmet sunucu seçimi, kaliteli hizmet sunumu, aile ve sosyal destek ağlarına erişebilmedir (Mulumba & ark., 2018; Robone, Rice & Smith, 2011). Sağlık hizmetlerinin cevap verebilirliğinde yaşanan yetersizlikler ve bu mekanizmalara ilişkin kontrol eksiklikleri sağlık kurumları arasında koordinasyon bozukluğuna neden olurken, toplumda güven eksikliğini ve memnuniyetsizlikleri artırmaktadır. İyi bir cevap verebilirlik için, sağlık kuruluşlarının ve hizmetlere yönelik geliştirilen politikaların, bireylerin ve toplumun kinik ve tıbbi olmayan ihtiyaçlarına cevap verebilecek şekilde düzenlenmelidir (Jafari & ark., 2018). Özellikle sağlık hizmet sunucuları için klinik yönetişim sisteminin kurulması, sağlık hizmetlerinin sunumunda hasta haklarına uyulup uyulmadığının izlenmesi, Sağlık Bakanlığının sağlık sistemindeki yolsuzlukla mücadele taahhüdünün bulunması, sağlık sistemlerinde cevap verebilirliği artıracak mekanizmalar olarak görülmektedir (Jafari & ark., 2019).

Hakkaniyet

Hakkaniyet, tüm bireylerin sağlık hizmetlerine aynı derece erişim sağlaması veya ihtiyaç duyduklarında sağlık hizmetlerini kullanabilmesidir. Adil kaynak dağılımı, hizmete erişim ve finansmanda adalet sağlık sisteminin önemli hakkaniyet bileşenleridir (Braveman, 2003).

Hakkaniyetli sağlık yaklaşımında, tüm toplumun, özellikle en savunmasız ya da sosyal olarak dezavantajlı konumda olan grupların refahını iyileştirmeye ve sürdürmeye yönelik eylemlere öncelik verilmelidir. Ancak küresel olarak bakıldığında, sağlıkta hakkaniyet konusu politika gündeminin en üst sıralarda yer almamaktadır. Bu nedenle yoksullar ve düşük gelirli gruplar için sağlıkta erişilebilirlik ve kaliteli hizmet sunumu tüm dünyada önemli bir sorun olarak gündemini korumaktadır (Nawaz & Mohamed, 2020).

Ülkelerin düşük gelir grupları için sağlık hizmetlerine yönelik devlet sübvansiyonları, toplumun tüm grupları için sağlık hizmetlerine eşit erişim, ülkenin farklı sağlık bölgeleri için ihtiyaca göre sağlık kuruluşu ve insan kaynağı tahsisi, devletin hastalıkları önleme ve tedavi boyutunda adaleti teşvik etmesi, sağlıkla ilgili yasa ve yönetmeliklerde farklı paydaş gruplarının katılımına fırsat verilmesi, sağlık hizmeti maliyetlerinde devlet katkısının artırılması ve yaşlılara yönelik sosyal hizmet desteği gibi düzenlemelerin sağlıkta hakkaniyeti artıran politikalar olarak görülmektedir (Jafari & ark., 2019)**.**

Etkinlik ve verimlilik

İyi yönetişimin amaçlarından biri, eldeki kıt kaynakların verimli ve etkili kullanılarak, toplumun ihtiyaçlarına cevap veren sonuçlar üretilmesidir. Verimlilik en basit anlamda daha fazla çıktı üretmek için kaynakların israf edilmemesidir (Kaplan & ark., 2013). Teknik verimlilik, belirli bir miktardaki girdiden maksimum düzeyde çıktı veya minimum düzeyde bir girdiden belirli miktarda çıktı üretmek olarak tanımlanır. Tahsis verimliliği ise belirli seviyede doğru çıktıların üretilmesinde, en uygun girdi bileşimini bir araya getirebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Özçelik, 2019). Etkinlik ise, kaynakların arzu edilen getirileri elde edecek şekilde kullanılması ve amaçlanan sonuçlara ulaşma derecesidir (Alarussi, 2021).

Sağlık sektöründe, farklı düzeydeki tedavi ve bakım uygulamalarının standartlaştırılması, tıbbi ve sosyal bakım hizmetlerinin kalitesinin izlenmesi, bütçe harcamalarının kontrolü, farklı sağlık ve tıbbi bakım seviyelerinde sevk sisteminin iyileştirilmesi, sağlık bilgi teknolojilerinin kullanılması ve geliştirilmesi, klinik yönetişimin teşvik edilmesi, Sağlık Bakanlığının mali raporlarının kamuoyuna açıklanmasına yönelik eylemler sağlık hizmetlerinde etkinliği ve verimliliği artıracak adımlar olarak görülmektedir (Jafari & ark, 2019).

Hesap verebilirlik

Hesap verebilirlik, şeffaflık ve hukukun üstünlüğü kavramları ile yakından ilişkili bir kavramdır (Lundvall, Rasmussen &Lorenz, 2008), Bu ilke, yönetişim yapılarının, kurallarının ve stratejilerinin uygulanması, süreçlerin bağımsız denetçilerce izlenmesi, politikaların, planların ve tüm faaliyet raporlarının şeffaf bir şekilde yayınlanarak vatandaşlara, siyasi temsilcilere ve sivil toplum yapılarının erişimine açılması, anlamını taşımaktadır (Debie, Khatri & Assefa, 2022). Hesap verebilirlikten uzak sistemler, yasadışı ve olumsuz, eylemlere neden olmaktadır. Hesap verme sorumluluğunun yerine getirilmesinde gerekli olan ilkeler vardır. Bunlar; görev, yetki ve sorumlulukların belirlenmesi, hedeflenen performans ölçütlerinin açık ve net olması, hedefler için nelere ihtiyaç duyulduğunun planlanması, işlerin yapılması ve gelişmenin izlenmesi, sonuçların güvenilir bir şekilde raporlanması, geri bildirimde bulunularak gerekli düzeltmelerin yapılmasıdır (Çınar, 2015). Sağlık sisteminde hesap verebilirliğin sağlanmasına yönelik uygulamalar, sağlık kaynaklarının verimli kullanımını ve yönetsel karar verme süreçlerinde şeffaflığı teşvik ederek (Masefield & ark., 2020) yolsuzluğun önlemesine önemli katkılar sağlamaktadır (WHO, 2016). Öte yandan gerek kamu gerekse özel sektör yönetiminde hesap verebilirliğin ihmal edilmesi, doğru, dürüst ve gerçekçi sorumluluğun göz ardı edilmesine, toplumda ve paydaşlarda büyük bir güven eksikliğine yol açmaktadır (Debie, Khatri & Assefa, 2022). Bir toplumda hukukun üstünlüğünün güçlendirilmesi ve sağlık sistemi paydaşlarının kamu politikalarına dahil edilmesi şeffaflığın ve hesap verebilirliğin sağlanmasında en etkili yoldur.

Bilgi ve veri toplama

Sağlık sektöründe zamanında ve doğru bilgi paylaşımı, paydaş destekli ve kanıt temelli sağlam politikalar geliştirilmesine ve belirlenen amaç ve hedeflerden uzaklaşma durumunda erken müdahaleler ile gerekli düzeltmelere fırsat tanımaktadır (Lewis & Pettersson, 2009). Sağlık sisteminde en önemli bilgi ve veri kaynakları; sağlık sistemi girdileri (finansal girdiler, insan kaynakları, malzeme, ilaçlar vb.), sağlık sonuçlarını tanımlayan temel sağlık göstergeleri, nüfus bilgileri, sağlık istatistikleri, halk sağlığı gözetim raporları, nüfusa dayalı araştırmalar ve faaliyet-süreç raporlarıdır. Bununla birlikte politika yapıcılar, orta ve üst düzey yöneticiler, sivil toplum kuruluşları, uluslararası kalkınma örgütleri, eğitim kurumları, akademik kurumlar, medya, sivil toplum temsilcileri gibi aktörler ile telefon, bilgisayar ve internet ağlarını da içeren tüm bilgi ve

iletişim teknolojileri değer taşıyan diğer önemli veri kaynaklarıdır (Debie, Khatri & Assefa, 2022). Sağlık sektöründe yüksek kaliteli bilgi teknolojilerinin kullanılması, bir yandan vatandaşların sağlık hizmetlerine ulaşma olanağını artırırken diğer yandan vatandaşlardan toplanan veriler sağlık eşitsizliklerinin belirlenmesi, nüfusun sağlık sonuçlarının iyileştirilmesi ve yeni sağlık yatırımları için rasyonel bilgiler sunmaktadır (Drobac & ark., 2013).

Etik

"Etik, davranışları ve ahlaki yargıları yönlendiren kurallar, bireysel davranışlara yerleşen ahlaki prensipler ve standartlar sistemi olarak tanımlanmaktadır"(Özer & Dinçer, 2022). Sağlık hizmeti etiğinde benimsenen önemli ilkeler arasında; özerkliğe saygı, zarar vermeme, yararlı olma ve adalet ilkesi gelmektedir. (Douedari & Howard, 2019). Etik ilkeler hasta yararını gözeterek sağlık sunuculara etik karar vermede rehberlik etmektedir. Tıbbi uygulama ve sağlık araştırmaları için uluslararası etik yönergelerin varlığı iyi bir yönetişim için gereklidir. Ülkelerin tıbbi uygulama için gerekli olan uluslararası etik yönergeleri (Dünya Tabipler Birliği'nin uluslararası tıp etiği kuralları, iyi klinik uygulamalar için uluslararası uyumlaştırma yönergeleri vb.) ve insan denekleri (biyomedikal araştırmalar) için kullanılan uluslararası yönergelerin sağlık kuruluşlarına tebliğ edilmesi ve uygulanabilirliğinin denetlenmesi yönetişimin etik boyutunu güçlendirmektedir (Jafari & ark., 2018).

Tablo 2'de sağlık sisteminde yönetişimin değerlendirilmesine ilişkin 10 temel yönetişim bileşeni ve bu bileşenler ile ilişkili alt göstergelerden oluşan analitik bir ölçüm çerçevesi sunulmuştur (Debie, Khatri & Assef, 2022; Jafari & ark., 2019; Siddiqi & ark., 2009).

Tablo 2*. Sağlık Sistemi Yönetişiminin Değerlendirilmesi İçin Analitik Çerçeve*

Yönetişim Boyutları	Etki alanı	Değerlendirme soruları
Stratejik vizyon	Uzun vadeli vizyon	Hükümetin ekonomi politikasının ana hatları nelerdir? Sağlık, ülkenin anayasasında temel bir insan hakkı olarak kabul ediliyor mu? Sağlık, ülkenin kalkınma planında nasıl bir öncelik sıralamasında yer alıyor? Ulusal bir sağlık politikası/stratejik planı var mı? Sağlık politikasının uygulanma boyutu nedir? Sağlık ve sağlık hizmeti sunumunda devletin sorumluluğu nedir?
Sosyal katılım ve fikir birliği yönelimi	Karar alma sürecine katılım ve paydaş desteği	Politika üretmede ve karar almada özel sektör, sivil toplum ve diğer paydaşlara danışılıyor mu? Sağlıkla ilgili kararlar, meclis, hükümet veya devlet başkanı ile nasıl sonuçlanıyor? Sağlık politikası için paydaşlardan talep edilen girdiler nedir? Hükümet, sağlıkla ilgili kararlarda çeşitli paydaşların farklı hedeflerini nasıl uzlaştırıyor? Karar vermede ademi merkeziyetçilik düzeyi nedir? Sağlık hizmetlerinin sunumuna toplumun katılım düzeyi nedir?
Yönetişim Boyutları	**Etki alanı**	**Değerlendirme soruları**

Hukukun üstünlüğü	Yasama süreci; mevzuat düzenleme ve politika oluşturma, yasa ve yönetmeliklerin uygulanması	Sağlıkla ilgili yasaları kim yapıyor? Sağlık hizmeti sunumu, altyapısı, teknolojisi, insan kaynakları, ilaçlarla ilgili yasalar/yönetmelikler var mı? Sağlıkla ilgili kanunlar/yönetmelikler için Sağlık Bakanlığına danışılıyor mu? Sağlık Bakanlığı, sağlıkla ilgili kanunlar/yönetmelikler için diğer ilgili birimlere danışıyor mu? Sağlık Bakanlığının sözleşme yapma, düzenleme, akreditasyon ve lisans vermede yetkisi nedir? Tüketicilerin ve yüklenicilerin şikayetlerini gidermek için hangi prosedürler mevcut?
Şeffaflık	Karar vermede ve kaynakların tahsisinde şeffaflık	Mali ve idari prosedürler hakkında bilgi mevcut mu? Kaynakların tahsis süreci ne kadar şeffaf? Kararların şeffaf olması için yürürlükte olan izleme mekanizmaları var mı? Sağlık hizmetlerinin izlenmesinden kimler sorumlu?
Cevap verebilirlik	Bölgesel ya da yerel düzeyde nüfusun sağlık ihtiyaçlarına yanıt verebilmesi	Sağlık sübvansiyonları var mı ya da hedefleniyor mu? Politika sürecinde ihtiyaç değerlendirmesi yapılıyor mu? Sağlık politikası yerel nüfusun sağlık ihtiyaçlarını/yükünü ele alıyor mu? Sağlık Bakanlığı sağlık hizmetlerinin kalitesine ve kullanıcı memnuniyetine değer veriyor mu? Sağlık sistemi, nüfusun tıbbi ve tıbbi olmayan beklentilerine ne kadar cevap verebiliyor?
Hakkaniyet	Bakıma erişimde hakkaniyet, sağlık hizmetlerinin adil finansmanı; sağlık eşitsizlikleri	Yoksullar için sosyal koruma planı var mı? Hakkaniyetli hizmet sunumu ve finansmanı için hangi politikalar yürürlüktedir? Toplumda sosyoekonomik faktörlere göre bakıma erişimdeki farklılıklar nelerdir? Kamu sağlık kaynaklarının eyaletlere, illere, ilçelere göre dağılımı adil mi?
Etkinlik ve verimlilik	İnsan kaynaklarının kalitesi, iletişim süreçleri ve uygulanma kapasitesi	Bürokrasinin, teknokrasinin (eğitim, nitelikler, kariyer gelişimi) durumu nedir? Sağlık Bakanlığındaki iletişim süreçleri (kapsam, biçim, dosyalama) ne kadar verimli ve güncel? Personel için hizmet içi eğitim programı var mı? Sağlık Bakanlığının düzenleme, izleme, finans ve insan kaynakları yönetimi açısından uygulama ve değerlendirme kapasitesi nedir? Toplumda sağlık hizmetlerinin kullanım düzeyi nedir? Çalışanlara ait görev tanımları var mı ve personel buna uyuyor mu?
Hesap verebilirlik	İç ve dış mekanizmalar açısından hesap verebilirlik	Basının ve medyanın rolü nedir? Bu konuya basın ya da medya duyarlı mı? Seçilmiş organların rolü nedir? Yargının rolü nedir?

		Mali ve idari kurallara uyumu denetlemek için mekanizmalar mevcut mu? Hesap verebilirlik süreçlerinin etkin bir şekilde uygulandığına dair hangi kanıtlar mevcut?
Bilgi ve veri oluşturma	Bilgi toplama, veri oluşturma, analiz ve bilgiyi yayma	Politikaların geliştirilmesi için mevcut bilgilerin güvenilirliği nedir? Karar verme sürecinde bilginin kullanımı için hangi kanıtlar var? Sağlıkla ilgili bilgiler nasıl oluşturulmaktadır? Sağlık politikaları nasıl izlenmektedir?
Etik	Biyoetik ilkeleri, sağlık ve araştırma etiği	Araştırma ve sağlık hizmetlerinde etiğe verilen önem nedir? Ulusal sağlık politikasında hangi biyoetik ilkeler yer almaktadır? Sağlık hizmetlerinde ve araştırmalarda etiğin desteklenmesine ilişkin bir politika var mı? Sağlık araştırmaları ve sağlık hizmetlerinde yüksek etik standartları teşvik etmek ve uygulamak için kurumsal mekanizmalar nelerdir?

Sonuç

Sağlık yönetişimi, sağlık sistemini etkileyen iç ve dış aktörler, çok paydaşlı faaliyet ve eylemlerle, sağlığı ve sağlığa hizmet eden kurumsallaşmış yapıların kapasitesini iyileştirebilecek yönetsel bir süreçtir. İyi bir sağlık yönetişimi ve sağlık hizmetlerinde planlanan stratejik dönüşümler için, iç ve dış aktörlerin desteği ile birlikte sektörler arası iş birliği oldukça önemlidir. Öte yandan dünyada sağlık sistemlerinin yetersiz ve verimsiz çalıştığına dair pek çok kanıt mevcuttur. Yapılan çalışmalarda özellikle gelişmekte olan ülkelerde sağlık hizmetlerine erişim, hakkaniyetli ve kaliteli hizmet sunumu bakımından belirgin zorluklar yaşandığı gösterilmiştir. DSÖ, BM, ve Dünya Bankası gibi uluslar arası kuruluşlar, küresel olarak sağlık sistemlerinin karar verme mekanizmaları ve sağlık yönetimi alanında önemli rasyonel reformlara ihtiyaç duyulduğunu vurgulayarak, ülkelerin sağlık sistemi amaç ve hedeflerine ulaşmayı kolaylaştıracak etkili yönetişim çerçevelerinin hayata geçirilmesinin önemine vurgu yapmıştır. Bu kapsamda, stratejik vizyon, sosyal katılım ve fikir birliği, hukuk üstünlüğü, şeffaflık, cevap verebilirlik, hakkaniyet, etkinlik ve verimlilik, hesap verebilirlik, yolsuzluğun önlenmesi, veri toplama ve etik, gibi yönetişim ilkeleri rehberliğinde, ülkelerin kendi sağlık sistemlerinde yapacakları reform ve girişimlerin nüfusun sağlık göstergelerinde arzu edilir iyileştirmeler yaratabileceği belirtilmektedir. Her ülkenin kendi sağlık politikaları, mevcut sağlık sorunları ve kaynak kapasitesi farklı olsa da, sağlık alanında verimli kaynak kullanımı ve kaliteli hizmet sunumu ancak kurumsal ve çağdaş yönetişim ilkelerinin benimsenmesi ile mümkündür.

KAYNAKÇA

Adeloye, D., David, R. A., Olaogun, A. A., Auta, A., Adesokan, A., & ark. (2017). Health workforce and governance: The crisis in Nigeria. *Human Resources for Health*, *15*(32), 1–8. Doi: 10.1186/s12960-017-0205-4.

Akduman, G., Hatipoğlu, Z.,& Pehlivan, Ç. (2021). Vizyon ve Misyon İfadelerinin Stratejik Yönetim Bakış Açısıyla Değerlendirilmesi: Türkiye'nin En Büyük 10 Kurumunda Bir Çözümleme. *İnternational European of Managerial Research Dergisi*, *5*(1), 22–34.

Alarussi, A.S.A. (2021). Effectiveness, Efficiency and Executive Directors' Compensation Among Listed Companies in Malaysia. *SAGE Open*, *11*(4), 1–14. Doi: 10.1177/21582440211054129.

Avelino, G., Barberia, L. G., & Biderman, C. (2013). Governance in managing public health resources in Brazilian municipalities. *Health Policy and Planning*, *29*(6), 1–9.

Doi: 10.1093/heapol/czt003.

Braveman, P. A. (2003). Monitoring equity in health and healthcare: A conceptual framework. *Journal of Health Population and Nutrition*, *21*(3), 181–192.

Brinkerhoff, D. W., & Bossert, T. J. (2008). Health Governance: Concepts, Experience, and Programming Options. *USAİD*, 1–32. http://www.healthsystems2020.org/content/resource/detail/1914/. Erişim tarihi: 16.09.2022.

Çınar, K. (2015). Hesap Verebilirlik İlkesi İle Kuramsal Performans İlişkisinde Paydaş Katılımının Rolü; Hastane İşletmelerinde Bir Uygulama. *Vizyoner Dergisi*, *6*(13), 12–30.

Debie, A., Khatri, R. B., & Assefa, Y. (2022). Successes and challenges of health systems governance towards universal health coverage and global health security: a narrative review and synthesis of the literature. *Health Research Policy and Systems*, *20*(50), 1–17. Doi: 10.1186/s12961-022-00858-7.

Douedari, Y., & Howard, N. (2019). Perspectives on rebuilding health system governance in opposition-controlled Syria: A qualitative study. *International Journal of Health Policy and Management*, *8*(4), 233–244. Doi:10.15171/ijhpm.2018.132.

Drobac, P. C., Basinga, P., Condo, J., Farmer, P. E., Finnegan, K. E.,& ark. (2013). Comprehensive and integrated district health systems strengthening: The Rwanda Population Health Implementation and Training (PHIT) Partnership. *BMC Health Services Research*, *13*(2), 1–13. Doi:10.1186/1472-6963-13-S2-S5.

Hayran, O. (2016). Sağlık için yönetişim ve klinik yönetişim. *Researchgate*, *September*, 1–4.

Jafari, F., HajiNabi, K.,Jahangiri,K., & Riahi, L. (2019). International Transaction Journal of Engineering , Management , & Applied Sciences & Technologies, *10*(8), 1137–1151. Doi:10.14456/ITJEMAST.2019.107.

Jafari, F., HajiNabi, K.,Jahangiri,K., & Riahi, L. (2018). Explaining the indicators of Good Governance in the Health System. *Revista Publicando*, *15*(2), 965–986.

Kaini, B. K. (2013). Healthcare governance for accountability and transparency. *Journal of Nepal Health Research Council*, *11*(23), 109–111.

Kaplan, A. D., Dominis, S., Palen, J. G. H., & Quain, E. E. (2013). Human resource governance: What does governance mean for the health workforce in low- and middle-income countries?

Human Resources for Health, *11*(1), 1–12. Doi:10.1186/1478-4491-11-6.

Kar, M. (2018). Governance of Health Systems: Implications for Public Health Policy and Research. *Indian Journal of Applied Research*, *8*(9), 35–38.

Kaufmann, D., Kraay, A., & Mastruzzi, M. (2010). The Worldwide Governance Indicators: A Summary of Methodology, Data and Analytical Issues. *The World Bank* (C. 5430).

Kefela, T. G. (2011). Good governance enhance the efficiency and effectiveness public spending -Sub Saharan countries. *African Journal of Business Management*, *5*(11), 3995–3999. Doi:10.5897/AJBM09.111.

Koca, Z. (2021). KOVİD-19 Sürecinde Sağlıkta İyi Yönetişim Uygulamaları:Türkiye Örneği. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *12*(23), 415–451. Doi:10.36543/kauiibfd.2021.019

Lewis, M., & Pettersson, G. (2009). Governance In Health Care Delivery : Raising Performance. Policy Research Working Paper (Sayı 5074), *The World Bank,1*-71.

Doi:10.1596/1813-9450-5074.

Logie, D. E., Rowson, M., & Ndagije, F. (2008). Innovations in Rwanda's health system: looking to the future. *The Lancet*, *372*(9634), 256–261. Doi:10.1016/S0140-6736(08)60962-9

Lundvall, B.Å., Rasmussen, P., & Lorenz, E. (2008). Education in the Learning Economy: A European Perspective. *Policy Futures in Education*, *6*(6), 681–700. Doi:10.2304/pfie.2008.6.6.681.

Masefield, S. C., Msosa, A., & Grugel, J. (2020). Challenges to effective governance in a low income healthcare system: a qualitative study of stakeholder perceptions in Malawi. *BMC Health Services Research*, *20* (1142), 1–16. Doi:10.1186/s12913-020-06002-x.

Mosadegh, A.M., & Rahimitabar, P. (2019). Health system governance in Iran: A comparative study. *Razi Journal of Medical Sciences*, *26*(9), 10–28.

Mulumba, M., London, L., Nantaba, J., & Ngwena, C. (2018). Using health committees to promote community participation as a social determinant of the right to health: Lessons from Uganda and South Africa. *Health and Human Rights*, *20*(2), 11–17.

Nawaz, D.,& Mohamed A.M.B. (2020). Good Governance Model for the Healthcare Administration: a Case Study of Public Hospitals in Pakistan. *International Journal of Management*, *11*(11), 248–262. Doi:10.34218/IJM.11.11.2020.025.

Özçelik, M. (2019). *Türkiye sağlik sistemi verimliliğinin incelenmesi*. Doktora Tezi,İstanbul Medipol Üniversitesi,2019.

Özer, M., & Dinç A. (2022). Sağlık çalışanlarının örgütsel etik iklim algısı. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, *9*(3), 203–210. Doi:10.52880/sagakaderg.1000065.

Petersen, I., Marais, D., Abdulmalik, J., Ahuja, S., Alem, A., & ark. (2017). Strengthening mental health system governance in six low- and middle-income countries in Africa and South Asia: Challenges, needs and potential strategies. *Health Policy and Planning*, *32*(5), 699–709. Doi:10.1093/heapol/czx014.

Pluto Press. (2006). *Clobal Corruption Report*. Doi:10.1177/0969733006069702. https://images.transparencycdn.org/images/2006_GCR_HealthSector_EN.pdf. Erişim tarihi:1.09.2022.

Rasouli, A., Khoonsari, M.H.K., Ashja'ardalan, S., Saraee, F., & Ahmadi, F.Z. (2020). The İmportance of strategic and management in Health: A Systematic Review. *Journal of Health Management and Informatics J Health Man & Info*, *7*(1), 1–9.

Robone, S., Rice, N., & Smith, P. C. (2011). Health systems' responsiveness and Its characteristics: A cross-Country comparative analysis. *Health Services Research*, *46*(6), 2079–2100. Doi:10.1111/j.1475-6773.2011.01291.x.

Sande, O. A., Walela, K. B., & Wamukoya, O. (2015). Change Management And Performance Of Public Secondary Schools In Siaya Sub County. *International Journal of Scientific & Technology Research*, *4*(4), 162–174.

Savedoff, W. D. (2011). Governance in the Health Sector: A Strategy for Measuring Determinants and Performance. Policy Research Working Papers (Sayı 5655)*, The World Bank,* 1-44.

Siddiqi, S., Masud, T. I., Nishtar, S., Peters, D. H., Sabri, B.,& ark. (2009). Framework for assessing governance of the health system in developing countries: Gateway to good governance. *Health Policy*, *90*(1), 13–25. Doi:10.1016/j.healthpol.2008.08.005.

Singh, P., & Sachs, J. D. (2013). 1 million community health workers in sub-Saharan Africa by 2015. *The Lancet*, *382*(9889), 363–365. Doi:10.1016/S0140-6736(12)62002-9.

Soyupek, Y. (2018). Eğitim, Sağlık, Ekonomi ve Bireysel Özgürlüklerin Yönetişime Etkisi. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *25*(1), 291–308. Doi:10.18657/yonveek.419188.

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2022). *2019-2023 Stratejik Plan*. https://stratejikplan.saglik.gov.tr/files/TC-Saglik-Bakanligi-2019-2023-Stratejik-Plan.pdf. Erişim tarihi: 1.09.2012.

The World Bank. (2004). *World Development Indicators*. https://news.ge/anakliis-porti-aris-qveynis-momava. Erişim Tarihi: 1.09.2022.

The World Bank. (2022). *Worldwide Governance Indicators*. https://doi.org/10.5860/choice.169351. Erişim tarihi: 2.09.2022.

Tuan, L. T. (2012). Clinical governance: A lever for change in Nhan Dan Gia Dinh Hospital in Vietnam. *Clinical Governance*, *17*(3), 223–247. Doi:10.1108/14777271211251345.

UNDESA. (2012). *UN System Task Team on the Post-2015 UN development agenda: governance and development*. http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/Think Pieces/7_governance.pdf. Erişim tarihi: 5.09.2022.

USAID. (2017). *Leadership, Management, and Governance Evidence Compendium From Intuition to Evidence: Why Leadership, Management, and Governance Matters for Health System Strengthening.* https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1864/LMG_Evidence_Compendium_Introduction_and_Pharm_chapters-508.pdf. Erişim tarihi: 2.09.2022.

WHO. (2012). Governance For Health İn the 21 st Century. Içinde *World Health Organization*. Doi.10.1111/j.1865-1682.2011.01225.x

WHO. (2000). The World Health Report 2000, Health Systems: İmproving Performance. *World Health Organization*, 1-205.

WHO. (2014). Health Systems Governance for Universal Health Coverage: Action Plan. *World Health Organization*, 1-25.

WHO. (2016). Universal Health Coverage: Moving Towards Better Health. Action Framework

for the Western Pacific Region, *World Health Organization,1-75*.

WHO. (2017). WHO guidelines on ethical İssues in public health survelience, *World Health Organization,* 1-55.

Yıldırım. (2019). İyi Yönetişim ve Türkiye Performansı. *Journal of Academic Value Studies*, *5*(5), 818–835.

Yıldırım, Ö. K. (2018). Türkiye'de İyi Yönetişim. *International Journal of Afro-Eurasian Research*, *2*(6), 273–289.

Yapay Zekâ Teknolojileri İle Elektronik Ticarette Marka Değeri Yaratmak

Nevzat ZENGİN[1]
Fatma ULU[2]

1.GİRİŞ

Nesnelerin interneti, büyük veri analizi, blok zinciri ve yapay zekâ gibi yıkıcı teknolojiler işletmelerin çalışma şekillerini değiştirmiştir. Yapay zekâ, tüm yıkıcı teknolojiler arasında en son teknolojik güçlülerinden birisi olup muazzam bir pazarlama dönüşümü potansiyeline sahiptir (Maitra, 2021). Dijital teknolojinin hızlı gelişimi çevrimiçi alışverişi değiştirmiştir. Diğer yandan Koronavirüs salgını da küresel e-ticaret hacim ve kapasitesini etkilemiştir. Fiziksel alışverişe ve kalabalık alanlara gitmekten kaçınan tüketicilerin büyük bir bölümü online alışverişe yönelmiş durumdadır (Anam Bhatti,2020).

Yapay zekâ kavramı ilk olarak 1956'da ABD'de düzenlenen Dartmouth Konferansı'nda önerilmiştir (Crevier, 2003). 2000 yılından bu yana, özellikle 2015'ten itibaren akıllı donanımın (sensörler ve çipler) hızlı gelişimi, algoritmaların evrimi ve büyük verilerin desteği, yapay zekânın gelişimini sürekli olarak yönlendirmiştir. Doğal dil işleme, makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi yapay zekâ teknolojileri, çok çeşitli sektörlerdeki mevcut uygulamalara gelişmiş veri analizi yetenekleri getirmiş ve firmaların yönetim, planlama ve operasyonlarını büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır (Kasemsap, 2017).

Günümüz dünyasında internet, hayal gücümüzün ötesinde erişilebilir hale gelmiştir. Temel olarakdijital bir pazar, çevrimiçi var olan pazardır. Dijital pazarın birkaç örneği arasında, sosyal medya pazarlaması, arama motoru, optimizasyon vb. olup ve e-ticaret platformu şeklinde çeşitli ürünleri satmak ve almak için bir çevrimiçi alan görevi görmektedir (Ritu Punhani, 2021).

2.ELEKTRONİK TİCARET

Elektronik ticaret diğer adı ile e-ticaret ürün veya hizmetlerin internet üzerinden satışı şeklinde tanımlanabilir. Başka bir ifadeyle elektronik ticaretin gerçekleşmesi için alıcı ve satıcıların ortak bir platformda buluşmasıdır. Türkiye'de tüm Dünyayı etkisi altına alan koronavirüs salgınının yarattığı etki ile tüketicilerin kalabalık ortamlar yerine daha çok online alışverişe yönelmiştir. Ticaret Bakanlığı tarafından 2020 yılında yayımlanan e-ticaret verileri dikkate alındığında, 25-34 yaş grubu ve %57'lik kısmını erkek kullanıcıların oluşturduğu 1 milyonu geçen bir elektronik ticaret kullanıcısı mevcuttur. Ülkemizde 2019 yılında 68 bin işletme iken, bu sayı %275 büyüme ile 2020 yılında 256 bin işletmeye ulaşmış durumdadır. İşletmelerin yoğun bir bölümü pazaryeri kanallarında faaliyet göstermektedir. Pazaryerinde faaliyet gösteren 247 bin işletme mevcuttur. 2020 yılı e-Ticaret hacmi 2019 yılına göre

[1] Beykent Üniversitesi, Tarabya Mah. Vahdet Sokak No:22 Sarıyer, İstanbul, Türkiye, nevzat.zengin@gmail.com, 0000-0001- 8411-140X.
[2] Beykent Üniversitesi, Çağlayan mh vatan cad no:15 /C Kağıthane, İstanbul, Türkiye, fulu61@gmail.com, 0000-0002-2932- 1268.
JEL Code: L8, L00, L81.

%66'lık bir artış göstermesi ile beraber 136 Milyar TL olarak işlem hacmi, 2020 yılında 226 Milyar TL'ye ulaşmış durumdadır. Bu harcamaların 9.9 Milyar TL'lik kısmını Türkiye'nin diğer ülkelerden alımlarını, 9.3 Milyar TL'lik kısmını ise diğer ülkelerin Türkiye'den alımlarını gösterirken, kalan kısım yurtiçi harcamalardır. Ödeme bazlı dağılımlar incelendiğinde, 138.4 Milyar TL işlem kredi kartı, 80.4 Milyar TL havale ve 7.4 Milyar TL işlem ise kapıda ödeme şeklinde olmuştur. Ekim-Kasım ve Aralık dönemi ise "Efsane Cuma" kampanyalarının yarattığı etki ile en çok işlemin gerçekleştiği aylarolmuştur. İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyükşehirlerde işlem hacimleri daha yüksektir (Bakanlığı, 2021).

3.YAPAY ZEKÂ

Yapay zekâ; bilgisayar sistemi ile oluşturulan robotların bir insan gibi düşünmesini ve onun gibihareket etmesini sağlamak üzere oluşturulan bir teknolojidir. Yapay zekâ, temelinde insanlar gibi düşünebilme, onların düşünce biçimlerini taklit edebilme, zor ve karmaşık problemleri insanlar gibi amaonlardan çok daha hızlı bir şekilde çözebilme hedefleri bulunan yazılım temelli makineler olarak tanımlanabilmektedir (Torun, 2021). Başka bir tanıma göre ise yapay zekâ, doğal sistemlerin yapabildiği her bilişsel etkinliğin yapay sistemlere daha yüksek başarı seviyelerinde nasıl yaptırılabileceğiniaraştıran bilim dalıdır (Say, 2018).

Teknoloji perspektifinden bakıldığında, Yapay Zekânın gelişimi üç aşamada Hesaplamalı zekâ, Algısal zekâ ve Bilişsel zekâ olarak incelenebilmektedir (Ji, 2020).

Şekil 1. Yapay Zekânın Gelişim Aşaması



Hesaplamalı zekâ aşaması, yapay zekânın makinelerin kullanmasına olanak tanıyan ilk şeklidir.Tıpkı insanlar gibi bilgileri hesaplamakta, depolamakta ve aktarmaktadır. Bilgisayarların daha güçlü kaynak depolaması var ve bilgi işlem yetenekleri insanlardan daha fazladır. Büyük miktarda veriyi hızladepolayabilmekte ve işleyebilmektedir.

Algılanan zekâ aşaması, yapay zekânın gelişiminin temel aşamasıdır. Makinelerin insanları anlamasını ve tanımasını sağlar ve insanları algılama, onlarla etkileşim kurma yeteneğine sahiptir. Şu anda, algısal zekânın gelişimi nispeten olgunlaşmıştır.

Bilişsel zekâ aşaması, insanı simüle eden gelişmiş bir yapay zekâ biçimidir. Akıl yürütme, ilişkilendirme ve bilgi düzenleme yetenekleri, böylece makinelerin anlayabilmesi, düşünmek ve makuleylemlerde bulunmak için inisiyatifin yanı sıra belirli kavramlar, bilinç ve fikirlerdir. Bilişsel zekâ şu anda yapay zekâ alanında gündemde olan bir konudur. İlk sonuçlar özerk şirketler de dahil olmak üzereçeşitli teknoloji şirketlerinin aktif keşfinde de görülmüştür (Ji, 2020).

4.MARKA DEĞERİ KAVRAMI

Marka değeri, bir markanın satış veya ikame değeridir. Marka değeri kavramı 1980'de ortaya çıkmıştır (Buzdar, 2016). Bu terimin farklı tanımları ve bu kavrama dahil olan boyutların farklı anlayışları vardır (Aaker, 1991). Marka değerini dört boyutla tanımlar: marka bilinirliği, çağrışımlar, algılanan kalite ve marka sadakati. Benzer şekilde (Byoo,2001) marka değeri kavramının üç boyutuiçerdiğini iddia etmektedir: marka bilinirliği, marka sadakati ve algılanan kalite.

5.YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİLERİ İLE MARKA DEĞERİ OLUŞTURMAK

İşletmelerinin çevrimiçi alışveriş dünyasında yapay zekâyı kullandığı güçlü ve pratik yolları mevcuttur. Birçok e-ticaret işletmesi, müşterilerini daha iyi anlamak, yeni potansiyel müşteriler oluşturmak ve gelişmiş bir müşteri deneyimi sağlamak için halihazırda yapay zekâ biçimlerini kullanmaktadır. Bunu yaparken marka değeri yaratmak için (Asling, 2021):

Müşteri odaklı arama oluşturulması: Yapay zekâ yazılımı, makine öğreniminden yararlanarak,görüntü veya videonun özelliklerini etiketleyerek içeriği otomatik olarak etiketlemekte, düzenlemekte ve görsel olarak aramaktadır.

Potansiyel müşterilerin yeniden hedeflenmesi: Bazı işletmeler artık müşterilerin fiziksel mağazada kalma sürelerini yakalamak için yüz tanıma kullanmaktadır. Bu bir müşteri belirli bir ürünün, örneğin bir iPod'un yanında kayda değer bir süre geçirdiğinde bu bilgilerin bir sonraki ziyaretinde kullanılmak üzere saklanacağı anlamına gelmektedir.

İstisnai hedef olasılıkların belirlenmesi: Tahmine dayalı pazarlama işletmeleri, pazarlama, satış ve CRM sistemleri için yapay zekâ çözümleri sağlamaktadır.

Daha verimli bir satış süreci oluşturma: Müşterinin hayatları artık TV reklamlarından sosyal medyaya kadar çeşitli medya araçlarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Siri veya Alexa gibi doğal dilöğrenmeyi ve ses girişini etkinleştirmektedir. Bu bir CRM sisteminin müşteri sorularını yanıtlamasına,sorunlarını çözmesine ve hatta satış ekibi için yeni fırsatlar belirlemesine olanak tanımaktadır. Yapay zekâ güdümlü bazı CRM sistemleri, tüm bu işlevleri ve daha fazlasını yerine getirmek için çoklu görevbile yapabilmektedir.

Birden çok cihazda yeni bir kişiselleştirme düzeyi oluşturma: İster bir mobil uygulama ister web sitesi veya bir e-posta kampanyası olsun yapay zekâ motoru, evrensel bir müşteri görünümü oluşturmak için tüm cihazları ve kanalları sürekli olarak izlemektedir. Bu birleşik müşteri görünümü, e-ticaret perakendecilerinin tüm platformlarda sorunsuz bir müşteri deneyimi sunmasını sağlamaktadır. Müşteri bir e-ticaret sitesindeki iPhone kılıflarına tekrar göz attığında, cep telefonundan iPhone kılıfları için indirimli satışlar hakkında bilgi veren bir anlık bildirim alabilmektedir. Satın alma işleminidoğrudan telefonlarından yapılmakta ve her iki taraf için de birçok adımdan tasarruf imkânı sunmaktadır.

Sohbet robotlarıyla kişisel bir dokunuş sağlama: Tanım olarak, bir chatbot, İnternet üzerinden insan kullanıcılarla konuşmayı simüle etmek için tasarlanmış özel bir bilgisayar programıdır. Chatbot'lar, özellikle operasyonlar ve pazarlama için görevlerin yürütülmesi söz konusu olduğunda, çevrimiçi bir işi yürütmenin getirdiği bazı önemli sorumlulukları aktif olarak üstlenebilmektedir. Chatbotlar, sipariş süreçlerini otomatikleştirebilmekte ve müşteri hizmeti sağlamanın etkili ve düşük maliyetli bir yolunu sunmaktadır. Bir chatbot sistemini bir alışveriş sepetine entegre etmek de mümkündür. Chatbot sistemi, alışveriş sepetlerinden biriyle entegre edildikten sonra, platform bazlı tüm mağazalar ile çalışabilmektedir. Chatbot uygulaması ne kadar çok alışveriş sepetini desteklerse, o kadar fazla potansiyel müşteriye sahip olmaktadır.

Sanal asistanlar uygulama: Son zamanlarda ticaretin en önde gelen seslerinden biri olarak ortaya çıkan sanal asistanlardır. Amazon kendi ürünlerine ve diğer üreticilerin ürünlerine başarıyla entegre etmektedir. Örneğin, Amazon'un Echo cihazındaki Alexa'yı kullanarak, müşteriler StubHub aracılığıyla önümüzdeki hafta sonu için yerel konserler keşfedebilmekte, Uber aracılığıyla etkinliğe ve etkinlikten ulaşım ayarlayabilmekte, hatta Domino's'dan etkinlik öncesi akşam yemeği sipariş edebilmektedir (ve sipariş durumunu gerçek olarak takip edebilmekte). ABD'de giderek daha popüler hale gelen 1-800-Flowers, tüketicilerin sevdiklerine sesle çiçek göndermesine bile olanak sağlamaktadır.

Müşteriler için önerileri iyileştirin: Markalar, yapay zekâyı kullanarak, müşteri davranışını tahmin etmek için milyonlarca veriyi daha akıllıca ve verimli bir şekilde tarayabilir ve bireysel tüketicilere alakalı yararlı öneriler sunabilmektedir. Bu düzeyde bir zekâ, tüketiciye kişiselleştirilmiş bir alışveriş deneyimi sunmada hayati önem taşımaktadır. Starbucks, tüketicileri hakkında topladığı

tüm verileri analiz etmek ve daha kişiselleştirilmiş öneriler sunmak için yapay zekâyı kullanarak bu sürece yoğun bir şekilde dahil olmuştur. Örneğin, Starbucks kısa süre önce müşterilerin sesli komut veya mesajla sipariş vermesini sağlamak için yapay zekâ kullanan ' My Starbucks Barista'yı başlatmıştır. Tavsiye süreci, müşterilerin en iyi çözümü bulmalarına yardımcı olmak için e-ticaret perakendecileri tarafından yaygın olarak uygulanmaktadır. Örneğin Amazon, sitedeki faaliyetlerine ve geçmiş satın alma işlemlerine bağlı olarak kullanıcılara tavsiyelerde bulunmaktadır. Netflix, kullanıcının drama, komedi ve aksiyon gibi kategorilerle etkileşimine dayalı olarak TV ve film önerileri yapmaktadır.

Sanal kişisel müşterileri tanıtın: Hem markaların hem de müşterilerin sevdiği mağaza içi alışverişin birçok avantajı vardır. Örneğin, müşteri bir mağaza asistanıyla doğrudan iletişim kurma fırsatına sahiptir. Müşteriye belirli bir renk veya boyuttaki belirli bir ürünü sorabilirler. Müşteriler, kutuları işaretleme veya anahtar kelime girme gibi zaman alıcı süreçlerden geçmek zorunda kaldığından,bu avantajlar çevrimiçi olarak sınırlıdır. Bunu akılda tutarak, e-ticaret perakendecileri, çevrimdışı deneyimin avantajlarını çevrimiçi deneyime getirmek için yenilikçi yeni yollar bulmalıdır. Amazon'un ev asistanı Alexa, tüketicilere modern alışveriş deneyimi sağlamak için mükemmel bir şekilde uygundur.

Giyilebilir teknoloji ile satış yaratın: Bazı giyilebilir teknolojiler, hangi ürünleri görüntülediğinizi görebilmekte, zevkinizi belirleyebilmekte ve kişiselleştirilmiş ürünleri anında önerebilmektedir. Amazon Go, bir müşterinin alışveriş deneyimini nakitsiz hale getirerek devrim yaratmayı vaat etmektedir. Müşterilerinin artık cüzdanlarını giyilebilir cihazlarla çıkarmalarına gerek yok; ödeme gerektirmeyen bir alışveriş deneyiminin anahtarıdır.

Diyalog sistemlerini iyileştirin: Amazon, konuşma tanıma, doğal dil anlama ve soru yanıtlama gibi diyalog sistemlerinde yaygın olarak bilinen sorunlara yapay zekâyı uygulamaya başlamıştır. Örneğin; Amazon, "derin öğrenme" olarak bilinen bir makine öğrenimi algoritması sınıfını uygulayarak,konuşmayı (müşteriler tarafından konuşulan) doğru sonuçlarla etkili bir şekilde metnedönüştürebilmektedir. Amazon ayrıca, ürün açıklamaları ve müşteri incelemeleri gibi web sitesi sayfalarındaki içerikten yararlanarak yapay zekâ kullanarak soruları otomatik olarak yanıtlama sorununuda çözmektedir. Örneğin, bir müşteri "bu belirli dizüstü bilgisayarda kaç tane USB bağlantı noktası var?"şeklinde sorabilmektedir. Daha karmaşık sorular şunları içerir: "Bu kamera iç mekânda çalışıyor mu?" veya "Bu ikisinden hangisi daha iyi görüntü kalitesine sahip?"

6.LİTERATÜR ANALİZİ

Tüketim alışkanları sürekli değişmesi, bu değişimin yönünü online alışverişe çekilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Teknolojinin her gün değişkenlik göstermesi, bu değişimin işletme ve tüketici tarafındaki alışkanlarında farklı boyutlara getirmektedir. Yapay zekâ teknolojileri ile işin sadece ticari boyutu değil, birçok yönü ile literatürde çalışmalar yapılmaktadır. E-ticarette yapay zekânın gelişimi ve katılımını göz önünde bulundurmak, 2021 yılı sonunda müşterinin yaklaşık %90'ının e-ticaret portalları aracılığıyla etkileşimleri insan olmadan ele alınacak, yönetilecek ve sohbet robotlarının rolü kritik hale gelecektir (Soni, 2020).

Yapay zekâ, bireyin rutin yaşamının neredeyse tüm alanlarında yardımcı olan teknolojilerden biridir (Anli Suresh, 2020). E-Ticarette Yapay Zekâya Yönelik Tüketici Algısı Chennai Şehri, Hindistan'da yaptıkları çalışmanın temel amacı, farklı alanlarda yapay zekâ uygulamalarına yönelik tüketici tercihlerini belirlemektir. Araştırma 100 katılımcı ile yürütülmüştür. E-ticarette yapay zekânın en etkili alanları gerçek zamanlı ürün hedefleme, sesle çalışan arama ve sanal kişisel alışverişçilerdir (Anli Suresh, 2020).

Ballestar, Grau-Carles ve Sainz (2019) tarafından yapılan araştırmanın sonuçları şirketler, bir tahmine dayalı model (makine öğrenimi algoritmalarına dayalı) getirdiği olası satışların kalitesine göre, her tavsiye için ekonomik teşvikler e-ticaret operasyonlarında yer alan şirketler pazarlama

yatırımlarını optimize etmektedir (Ballestar, 2019). Araştırmacıların e-ticaret alanına artan ilgisi, dijital dönüşümün önemi konusunda farkındalık (L.Rogers, 2016) ve sürdürülebilir kalkınma, yeni yöntemler belirlemeyeyönelik sürekli arayış açık bir şekilde yapay zekâ algoritmalarını kullanarak süreçleri optimize edilmektedir. Ortaya çıkan bu iki paradigma, e-ticaret ve yapay zekâ, sosyal etkileşim standartları üzerinde etkili olabilir tüketiciler ve perakendeciler arasında değil, aynı zamanda bu aktörlerin faaliyet gösterdiği yasal çerçevedir (Leonardo Vanneschia, 2018).

Bir işletme organizasyonu ile müşteriler arasındaki iletişim, web sitelerinde ve sosyal medyada kullanıcı tarafından oluşturulan içerik aracılığıyla gerçekleşmektedir. Twitter, Instagram ve Facebook'ta ifade edilen müşterilerin görüşleri, hizmet sağlayıcıların imajını ve itibarını etkileyebilmektedir. Duygusal analiz, şirketlerin çevrimiçi içeriğin anlamını değerlendirmesine ve müşteri sadakatini artırabilecek stratejiler geliştirmesine yardımcı olan metodolojileri içermektedir (Ayat Zaki Ahmed, 2020). Bu nedenle, duygusal analiz, müşterilerin yapılandırılmamış verileri işleyerek ve onlardan bilgi çıkarmak için modeller oluşturarak müşterilerin çevrimiçi içeriğinden duyguları çıkarmasına yardımcı olan bir otomasyon sürecini ifade etmektedir. Yöneticilerin veya karar vericilerin müşterilerin belirli konulara yönelik tepkilerini anlamalarına yardımcı olur ve olayın tarafsız, olumlu veya olumsuz olup olmadığını belirlemeye yardımcı olmaktadır. E-ticaret şirketlerinin kullanılacak en iyi reklamları belirlemelerine, müşterilerin niyetlerini anlamalarına ve ürünlerin teslimatını optimize etmelerine yardımcı olmaktadır. Derin öğrenme, bir lojistik hizmet kapasitesinde karar vermeyi de desteklemektedir. Makine öğrenimi teknikleri, e-ticaret işletmelerinin ürünler ve fiyatlardaki anormallikleri tespit etmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, şirketlerin depolardaki varlıkları izlemelerine ve sayfalarını veya web sitelerinin sıralamalarını iyileştirmelerine yardımcı olmaktadırlar. Makine öğrenimi algoritmaları, e-ticaret şirketlerinin türetilen verilerden öğrenmelerine ve karşılaşabilecekleri zorluklara çözümler oluşturmalarına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, çeşitli ekonomik sorunları çözmek için makine öğrenimi modelleri kullanılmaktadır (Khrais, 2020).

Yapay zekâ yaklaşımları, B2C ve B2B e-ticaret sistemlerinin geliştirilmesinde faydalıdır. B2B e-ticaret, Toplam e-ticaret pazarının yaklaşık %80'lik payı ve B2C geri kalanını elinde tutmaktadır. Ancak,yapay zekâda en çok ilgi gören e-ticaret geliştirme B2C işlemlerine odaklanmaktadır. B2C e-ticarette, yapay zekâ öncelikle ürün seçimi ve önerisi, müzakere, açık artırmalar, gerçek dünyadaki zamanlama sorunlarını çözmek ve sunucuların ölçeklenebilirliğini geliştirmek, otomatik yanıtlar oluşturmak ve malların paketlenmesi ve fiyatlandırılmasına ilişkin kararlar vb. B2B e-ticarette, yapay zekâ temel olarak tedarik zinciri yönetimi için kullanılmaktadır. Yapay zekânın temel amaçlarından biri, insan davranışını taklit edebilen sistemler oluşturmaktır. Bir e-ticaret sistemi olan yapay zekâ bileşenleri, kullanıcılarına daha "doğal" davranmalıdır. Tavsiye eden sistemleri örnek verilebilmektedir. Diğer teknolojiler gibi, yapay zekâ da bir e-ticaretin verimliliğini / performansını artırmalıdır. Verimlilik, hızlı ve şık çözümler üretmek ve daha az sistem kaynağı tüketmek anlamındadır (Prasad, 2003).

Girdher (2019) e-ticaret sektörünün dönüşümünde yapay zekânın rolü çalışmasında, 2020 yılına kadar müşteri etkileşimlerinin yaklaşık %80 ve 85'inin Yapay Zekâ tarafından yönetildiğini ortaya koymaktadır. Aynı araştırma, ankete katılanların %67'sinin, yapay zekânın kuruluşlarının etkinliğini artırmaya yardımcı olacağını düşündüğünü de paylaşmaktadır (Girdher,2019).

Mukherje (2019) müşteri ilişkileri yönetiminde yapay zekânın etkisi üzerine yaptıkları çalışmada,Bangalore'de 63 erkek, 100 örneklem büyüklüğünde yapılan çalışma katılımcılar ve 18 ila 40 yaş grubundaki 37 kadın katılımcı dahil olmuş, Amazon'un yapay zekâ tabanlı kullanıcı ara yüzünün, kullanıcı dostu, organize, verimli, çekici ve müşterileri bilgilendirici olması ve ayrıca çevrimiçi yapılan ödemelerin güvenilir olduğunu gözlemlemişlerdir. Amazon ayrıca e-postalar, açılır bildirimler, kısa mesajlar gibi ortamlar aracılığıyla müşterilerini en son teklifler veya indirimlerden haberdar etmektedir. Amazon'un uygun maliyetli fiyatlandırmasının, müşterilerin hizmetlerini

arkadaşlarına /meslektaşlarına önermelerine yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır (Mukherjee, 2019).

Çokyaşar (2020) Elektronik ticarette oyunlaştırma kullanımının müşteri sadakatine etkisi üzerineyaptığı çalışmanın amacı, oyuna ait unsurların oyun dışı uygulamalarda kullanılması olarak tanımlanan oyunlaştırmanın müşteri sadakati üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkisini tespit etmektir. Bu amaçla üç yabancı ve üç yerli olmak üzere toplam altı e-ticaret sitesi örneklem olarak seçilmiştir. Örneklemi oluşturan siteler Aliexpress, Banggood, Gearbest, Yemek Sepeti, Kahve Dünyası ve N11'dir. Araştırmayöntemi olarak içerik analizi ve anket kullanılmıştır. Yapılan içerik analizi ve 383 kişinin katıldığı anket sonucu, e-ticarette oyunlaştırma kullanımının müşteri sadakati üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. (Çokyaşar, 2020)

Çokyıldız (2019) Yapay zeka destekli e-ticaret yöntemleri ve tüketici davranışları çalışmanın amacı, teknoloji merakı, teknoloji kaygısı, online alışveriş yapma sıklığı, güven ve demografik özellikler gibi faktörlerin yapay zeka destekli alışveriş yapma eğilimini nasıl etkilediğini incelemektedir. Kartopu yöntemi ile 393 adet katılımcıya ulaşılmış ve anket tamamlanmıştır. Katılımcılar, yapay zekanın gelecekte hayatı kolaylaştıracağını düşünüyor, Türk tüketicilerinin meraklı, heyecanlı ve bilgi sahibi olduğu tespit edilmiştir. (Yıldız, 2019)

2016 yılında kullanılmaya başlanılan ve kısa sürede e-ticaret işletmelerinin satışlarını ve müşteri sadakatin artırmak için temel stratejiler haline gelen, konuşarak ticaret (Conversatonal Commerce) WhatsApp, Viber, WeChat, Telegram ve Wire gibi mesajlaşma uygulamalarına e-posta uygulamalarına nazaran bugün artık geleceğin trend olarak bakılmaktadır. İşletmelerin bu uygulamalardan azami derecede yararlanmaları gerekmektedir (Demirdöğmez, 2021).

Hong (2021) Malezya e-ticaretinde müşteri alışveriş deneyimi yoluyla yapay zekânın etkinliği üzerine yaptıkları betimsel araştırmadır ve verilerin elde edilmesi için nicel araştırma yöntemi kullanılmıştır. 384 katılımcının anketleri kullanılarak toplanmıştır ve esas olarak Negeri Sembilan'da hedeflenmiştir. Analiz sonuçları, algılanan kullanım kolaylığı, algılanan zevk ve kullanım niyetinin, e- ticaret Malezya'daki müşteri alışveriş deneyimi aracılığıyla yapay zekânın etkinliği üzerinde önemli biretkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bunun yanı sıra, müşteri alışveriş deneyiminin etkilerinin Malezya'daki e-ticarette yapay zekânın etkinliği üzerinde önemli bir ilişkisi vardır. Malezya'da e-ticarette müşteri alışveriş deneyimi aracılığıyla yapay zekâ'nın etkinliğinin etkisinde anlamlı olmadığı algılanan bir motivasyon faktörü vardır. Bu çalışmanın sonuçları, Malezya'daki e-perakendecilere ve e-ticaret platformlarına istisnai bir yargıya varılmasına katkıda bulunmaktadır (Hong, 2021).

E-ticaret siteleri, son kullanıcının bakış açısından birçok boyuta sahiptir. Web sitelerini daha kullanılabilir hale getirmek ve kullanıcıların deneyimini iyileştirmek, onları uzaklaşmaktan alıkoymak isterken önemli bir adımı temsil etmektedir. Octavian Dospinescu (2017) yaptıkları çalışmada, etkileşim boyutlarının kullanıcıların içerik anlayışları ve e-ticaret web sitelerine yönelik tutumları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Göz izleme teknolojisini kullanarak, etkileşim indeksinde tanımlanan web sitelerinin etkileşim boyutlarını araştırıyor, görsel süreci keşfediyor ve sitede veya sitenin çeşitli bölgelerinde harcanan zamanı, ısı haritalarını, tarama yollarını, sabitlenen yüzdeyi çizmişlerdir (Octavian Dospinescu, 2017).

Sameh Al-Natour (2005) e-ticaret etkileşimlerinde benzerliğin rolü: çevrimiçi alışveriş asistanlarıörneği araştırmasında, otomatik bir alışveriş asistanı kullanan uygulamada, iki tür algılanan benzerliğinbir dizi bağımlı değişken üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Sonuçlar, hem kullanıcı ile karar yardımı arasındaki algılanan kişilik benzerliğinin hem de algılanan davranışsal benzerliğin, kullanıcıların teknolojik eserle ilgili değerlendirmelerini olumlu etkilediğini göstermektedir. Ayrıca araştırma, alışveriş asistanıyla ilgili sosyal algıların oluşmasında tasarım özelliklerinin rolünü araştırmaktadır. Sonuçlar, tasarım özelliklerinin, yani içeriğin, algılanan benzerliği öngördüğü bulunan "gerçek" benzerlik ölçümlerini hesaplamamıza izin vererek istenen kişilikleri ve davranışları tezahür ettirmek için kullanılabileceğini göstermektedir (Sameh Al-Natour, 2005).

7.SONUÇ

İşletmeler ve büyük e-ticaret firmaları rekabet gücünü artırmak için yapay zekâ teknolojisini aktif olarak uygulamakta ve kendi e-ticaret platformlarını optimize etmektedirler. Yapay zekâ teknolojisinindesteğiyle, e-ticaret daha geniş bir gelişme beklentisine sahip olacak ve bu da daha iyi müşteri ilişkileriile beraber alternatif uygulamalar ile müşteri beklentileri geliştirilecektir. Özellikle, e-ticaretteki büyük teknik değişiklikler, müşteri davranışını olumlu yönde etkilemeyi amaçlamaktadır. Müşterilerin ihtiyaçlarını iyi anlamak gerekmektedir. Bu nedenle müşteri yorum ve sorularını daha hızlı yanıt verecek sistemler geliştirilmeli, müşterilerin size daha hızlı geri dönüş sağlamaları için otomatik e-posta bilgilendirmeleri gönderilmelidir. Müşterileri daha iyi analiz ederek, müşterilere özel çözümler sunulmalıdır.

Sohbet botları kurup, 7 gün 24 saat aktif bu botlar vasıtasıyla anlık sorulara hızlı yanıt verilmelidir. Aynı şekilde WhatsApp, sosyal medya uygulamaları ile anlık etkileşimler ve soruları hızlı yanıtlanmalıdır. Müşterinin iletişim noktası çağrı merkezi numaraları değil, web ve mobil uygulamaları olmaktadır.

Müşteriler iyi tanınmalıdır. Kişiselleştirilmiş sayfalar, müşteri alışkanlıkları, ilgi alanlarını web sitenizde bıraktığı izleri, nasıl arama yaptığı, hangi ürünler seçtiği, hangi sıklıkla sitenizi ziyaret ettiğini incelenmelidir. Müşterilere öneri sistemleri uygulanmalıdır. Çevrimiçi alışveriş yapanlar için kişiselleştirilmiş bir alışveriş deneyimi uygulanmalı, geliştirilmiş müşteri tutma ve satış, daha fazla sayıda geri dönen müşteri avantajı sağlayacaktır. Uygulama sadece web sayfası değil, kullanım sayısı dikkate alındığında mobil uygulamalarında anlık bildirimler, kullanıcı dostu ara yüzler ile çekici olmalıdır.

Geleneksel envanter yönetimi biçimi mevcut stok seviyeleriyle sınırlıyken, yapay zekâ destekli envanter yönetimi, önceki yıllardaki satış eğilimi, ürün taleplerinde öngörülen veya beklenen değişimlerle beraber, envanter seviyelerini etkileyecek potansiyel tedarikle ilgili sorunlarla beraber stokların nasıl korunacağını sağlamalıdır. Envanter yönetiminin yanı sıra, E-ticarette yapay zekânın geleceği olarak öngörülen otomatik robotların ortaya çıkmasıyla depo yönetimi sağlanmaktadır.

E- ticarette yapay zekâ, yenilikçi çözümler ve müşteri deneyimlerini yönlendirmede öncü bir roloynamaktadır. Yapay zekâ teknolojilerinin kullanımı ile web sitesinde artan tıklanma sayıları, en etkili pazarlama kampanyaları, doğru hedefleme, şirket için operasyonel gibi süreçlerin hafiflemesi, dolandırıcılık süreçlerini engelleme, iyileştirilmiş müşteri hizmetleri gibi işletmenin marka değerini arttıracak faaliyetler ile işletmelerin gelişmesine katkı sağlayabilmektedir.

KAYNAKÇA

Aaker, D. (1991) "Managing Brand Equity", New York: The Free Press.

Anam Bhatti, H. A. (2020) "E-Commerce Trends during COVID-19 Pandemic", International Journalof Future Generation Communication and Networking: 1449-1452.

Anli Suresh, N. J. (2020) "Consumer Perception towards Artificial Intelligence in E-Commerce withReference to Chennai City", India, Journal of IT and Economic Development, 1-14.

Asling, D. (2021, 05 13) www.linnworks.com. Linnworks: https://www.linnworks.com/blog/artificial-intelligence-in-ecommerce adresinden alındı.

Ayat Z. A., M. R.-D. (2020) "Significant Labels in Sentiment Analysis of Online Customer Reviews ofAirlines", MDPI, Open Access Journal, 12: 1-18.

Bakanlığı, T. (2021, 05 11) "E-Ticaret GOV", https://www.eticaret.gov.tr/: https://www.eticaret.gov.tr/haberler/10040/detay adresinden alındı.

Ballestar, M. G.-C. (2019) "Predicting Customer Quality in Ecommerce Social Networks: A MachineLearning Approach", Review of Managerial: 589-603.

Boonghee Yoo, N. D. (2001) "Developing and Validating A Multidimensional Consumer-Based BrandEquity Scale", Journal of Business Research, 1-14.

Buzdar, M. F. (2016) "Customer-Based Brand Equity and Firms' Performance in the Telecom Industry", International Journal of Services and Operations Management, 334-346.

Crevier, D. (2003) "AI: The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence", New York:Basic Books Google Scholar.

Çokyaşar, M. (2020) "Elektronik Ticarette Oyunlaştırma Kullanımının Müşteri Sadakatine Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, 221-227.

Girdher, S. (2019) "Role of Artificial Intelligence in Transforming E-Commerce Sector", Research Review International Journal of Multidisciplinary, 282-284.

Hong, M. Y. (2021) "The Effectiveness of Artificial Intelligence (AI) Through Customer Shopping Experience in E-Commerce Malaysia", http://digitalcollection.utem.edu.my: http://digitalcollection.utem.edu.my/24630/ adresinden alındı (13.05.2021).

Ji, Q. (2020) "Analysis on E-commerce Course Reform under the Background of Artificial Intelligence", Journal of Physics: Conference Series: 1-6, China: Fuzhou University of International Studies and Trade, Fuzhou.

Kasemsap, K. (2017) "Artificial İntelligence: Current Issues and Applications", In R.Das and M.Pradhan (Eds.), Handbook of Research on Manufacturing Process Modeling and Optimization Strategies, IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2440-3.ch022, 454-474.

Khrais, L. T. (2020) "Role of Artificial Intelligence in Shaping Consumer Demand in E-Commerce", Department of Business Administration, College of Applied Studies and Community Service, Imam Abdulrahman Bin Faisal University, 1-14.

L.Rogers, D. (2016) "The Digital Transformation Playbook: Rethink Your Business for the Digital Age", New York: Columbia Business School Pub.

Leonardo Vanneschia, D. M. (2018) "An Artificial Intelligence System for Predicting Customer Defaultin E-Commerce", Expert Systems with Applications, 1-21.

Maitra, R. S. (2021) "Artificial Intelligence in Marketing: Systematic Review and Future Research Direction", International Journal of Information Management Data Insights.

Demirdöğmez, M. H. Y. (2021) "Dijital Pazarlamada Yapay Zekâ Kullanımı ve Günümüz Ticaretine Etkileri", İktisadi ve İdari Bilimlerde Teori ve Araştırmalar II, 19-40.

Mukherjee, N. M. (2019) "Effect of Artificial Intelligence on Customer Relationship Management ofAmazon in Bangalore", International Journal of Management (IJM): 168-172.

Octavian Dospinescu, A. E.-R. (2017) "The Analysis of E-Commerce Sites with Eye-TrackingTechnologies", Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience: 85-100.

Prasad, B. (2003) "Intelligent Techniques for E-Commerce", School of Computer and InformationSciences: 65-71.

Ritu Punhani, V. A. (2021) "Segmenting e-Commerce Customer through Data Mining Techniques",Journal of Physics: Conference Series: 1-11.

Sameh Al-Natour, I. B. (2005) "The Role of Similarity in e-Commerce Interactions: The Case of OnlineShopping Assistants", The Role of Similarity in e-Commerce Interactions: 70-74.

Say, C. (2018) "50 Soruda Yapay Zeka", İstanbul: 7 Renk Basım Yayın ve Filmcilik Ltd.

Soni, V. D. (2020) "Emerging Roles of Artificial Intelligence in Ecommerce", International.

International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD): 223-225.

Torun, S. (2021). http://www.psikofarmakoloji.org. http://www.psikofarmakoloji.org/: http://www.psikofarmakoloji.org/yapay-zeka-karar-verici-asamalarda-doktorlar-ile-calisacak/ adresinden alındı.

Yıldız, S. (2019) "Yapay Zeka Destekli E-Ticaret Yöntemleri ve Tüketici Davranışları", Yüksek LisansTezi. Bahçeşehir Üniversitesi: 1.

Tornalama Operasyonlarında Kesme Kuvveti Tahmini İçin Anfis ve Regresyon Analizi

Ömer ASAL[1]
Hakan DİLİPAK[2]
Yunus KAYIR[3]

Giriş

İmalat sanayinde parçaların imalatında kullanılan en yaygın yöntemlerden bir tanesi tornalama operasyonlarıdır. Talaş kaldırma işlemlerinde, parçaların istenilen özelliklerde imal edilebilmeleri için işleme parametreleri çok büyük önem taşımaktadır. Kesme hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği, vb. parametreler, işlenen parçanın yüzey pürüzlülüğü, işleme esnasında oluşan kesme kuvveti, meydana gelen takım aşınması, vb. gibi sonuçlara doğrudan etki etmektedir. Kesme kuvveti, iş parçasının takım ömrünü ve yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için kesme işlemlerinde izlenmesi ve kontrol edilmesi gereken önemli karakteristik değişkenlerden biridir (Jain & Raj, 2018). Talaş kaldırma sırasında ortaya çıkan kesme kuvvetleri, takım ve parça üzerinde bazı şekil değiştirmelere neden olduğundan işleme kalitesini etkilemektedir (Özdemir, 2006; Asal, & ark., 2018). Ayrıca kullanılan takımı, düşey ve yatay düzlemde eğmeye, basmaya ve hatta burkmaya zorlamaktadır (Gök & Gök, 2020).

Uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi ANFIS (Adaptive-Network Based Fuzzy Inference Systems), Takagi-Sugeno bulanık çıkarım sistemine dayalı bir tür yapay sinir ağı yöntemi ve bulanık mantığın birleştirilmesi ile ortaya çıkan melez bir modeldir.

Regresyon analizi, iki ya da daha çok nicel değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan analiz metodudur. Tek değişkenli regresyon ve çok değişkenli regresyon analizi olarak sınıflandırılmaktadır.

Kesme kuvveti üzerinde akademik olarak birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar kapsamında, Jain ve Raj, bir tornalama operasyonunun kesme kuvvetlerini tahmin etmek için bir model geliştirmişlerdir. ANFIS kullanarak iş mili hızı, ilerleme ve kesme derinliği gibi kesme parametreleri temelinde kesme kuvvetini belirleyebilen bir izleme sistemi tasarlamışlardır (Jain & Raj, 2018; Asal, & ark., 2021). Tekaslan ve arkadaşları, AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemesini değişik kesme parametreleri ile işledikten sonra, üzerinde işlemeye bağlı olarak oluşan yüzey pürüzlülüklerini belirleyerek en uygun kesme parametrelerini belirlemiştir (Tekaslan, Gerger & Şeker, 2008). Dere ve Filiz, kesme parametreleri ile iş parçası çapı ve çıkıntı uzunluğu/çap oranının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini bir seri deneyler yaparak incelemiştir. Deney sonuçlarını kullanılarak, ANFIS ile yüzey pürüzlülüğünü tahmin eden modeller geliştirmişlerdir (Dere & Filiz, 2019). Fedai ve arkadaşları, 316L paslanmaz çeliğin yüzey pürüzlülüğü kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği ve kesme genişliği gibi kesme parametrelerine bağlı olarak ANFIS yaklaşımı kullanarak bir model geliştirmiştir (Fedai & ark., 2019). Yılmaz ve Güllü, AISI 1050 çeliği

[1] Doç. Dr., Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü
[2] Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü
[3] Doç. Dr., Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü

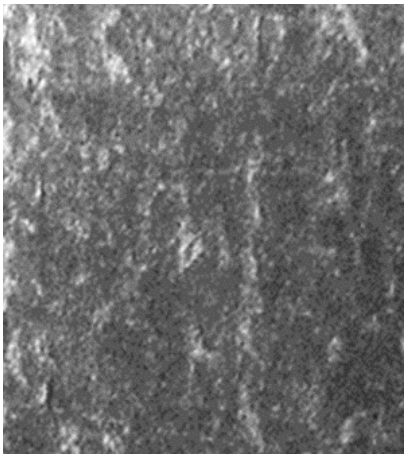
kullanılarak üç farklı kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği ile tornalama deneyleri yapmıştır. Deneyler sonucunda yüzey pürüzlülüğü için en etkili kesme parametreleri belirlenmiştir (Yılmaz & Güllü, 2020). Hekimoğlu ve Bayraktar, farklı oranlarda stronsiyum (Sr) içeren üç adet Al-12Si-Sr alaşımı kokil kalıba döküm yöntemiyle üretmiş ve içyapıları, sertlik ve çekme dayanımı değerleri belirlemiştir. Farklı Sr oranları ve kesme parametrelerinin, bu alaşımların tornada işlenmesi esnasındaki kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri, farklı kesme hızı, ilerleme ve sabit kesme derinliği koşullarında CVD-TiCN/Al2O3/TiN kaplamalı karbür kesici uç kullanılarak araştırılmıştır (Hekimoğlu & Bayraktar, 2022). Hanafi ve arkadaşları, takviyeli PEEK kompozitin tornalanmasında kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği değişkenleri kullanarak kesme kuvveti için bulanık kural tabanlı tahmin modeli geliştirmiştir (Hanafi & ark., 2012). Shankar ve arkadaşları, tornalama işleminde çelik iş parçası üzerindeki kesme kuvvetini hesaplamak için bulanık kural tabanlı bir sistem modeli geliştirmiş ve regresyon analizi yapmıştır. Deneysel ve tahmin edilen sonuçlar arasındaki benzerlik %98,84 olarak elde edilmiştir (Shankar & ark., 2015). Malagi ve arkadaşları, Ti-6Al-4V malzemesinin minimum miktarda yağlayıcı koşulunda tornalanması sırasında kesme kuvveti için kesme koşullarını tahmin etmek ve optimize etmek için Tepki Yüzey Modeli ve Bulanık Mantık modeli geliştirmiştir (Malagi & ark., 2018). Effendi ve arkadaşları, GFRP kompozitlerin parmak frezeleme işlemi sırasında kesme kuvveti tahmini için ANFIS yöntemi uygulayarak model geliştirmiştir (Effendi & ark., 2019). Shivakoti ve arkadaşlarının yaptığı çalışma, EN31 alaşımlı çeliğin tornalama işlemi sırasında deneysel bir inceleme ve ANFIS tabanlı modellemesini kapsamaktadır. İlerleme, devir sayısı ve talaş derinliği parametrelerinin talaş kaldırma hızı, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti üzerindeki etkilerini araştırmışlardır (Shivakoti & ark., 2020). Marani ve arkadaşları, soğuk işlenmiş bir çelik parçanın tornalama işlemi için takım aşınmasının izlenmesi için ANFIS tabanlı model geliştirmişlerdir. Kesme kuvvetleri ve takım aşınmasına bağlı model tasarlanmış ve uygulanmıştır. Model tahmini sonuçları, tornalama işleminin çevrimiçi olarak izlenmesinin yeterince doğru olduğunu ve çalışırken aşınmayı tespit edebildiğini göstermiştir (Marani & ark., 2020). Rastorguev ve Sevastyanov, yapay sinir ağı ve ANFIS modelleme kullanarak 105WCr6 çeliği kapsayan sert malzemenin tornalanması sırasında kesme kuvvetinin tahmini için model geliştirmişlerdir (Rastorguev & Sevastyanov, 2020). Sharma ve arkadaşları, AISI D3 çeliğini kapsayan sert bir malzemenin sulu tornalama işlemi sırasında regresyon ve bulanık mantık yöntemleri ile kesme kuvvetini tahmin eden modeller geliştirmiştir. Kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği değişkenler olarak alınmış ve bunların kesme kuvveti üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Bulanık model, tahmin amaçlı olarak yeterli ve regresyon modelinden daha iyi bulunmuştur (Sharma & ark., 2020). Naresh ve arkadaşları, Lazer Destekli Tornalama (LAT) işlemi sırasında AISI 304 paslanmaz çeliğin kesme kuvvetini tahmin etmek için ANFIS modeli geliştirilmiştir. LAT deneyleri, lazer destekli kuru kesme koşulları altında farklı kesme hızları, kesme derinliği ilerleme hızları ve lazer güçleri aralığında TiAlN karbür kesici uç ile gerçekleştirilmiştir. ANFIS tahminler için oldukça doğru sonuçlar vermiştir (Naresh & ark., 2021). Marani ve arkadaşları, başka bir çalışmasında, ANFIS yaklaşımına dayalı modifiye edilmiş Al–Si–Cu döküm alaşımı için bir tornalama işleminde kesme kuvvetini tahmin eden model geliştirmişlerdir. Tahmin sonuçları, ANFIS modelinin başarılı olduğunu göstermiştir (Marani & ark., 2021).

Gerçekleştirilen bu çalışmada ise, AISI 4140 çeliği tornalama işlemine tabi tutulmuştur. Tornalama esnasında kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Kesme derinliği, kesme hızı ve ilerleme hızı parametrelerinin kesme kuvveti üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde, ANFIS, Regresyon analizleri yapılmış ve matematiksel modeller oluşturulmuştur. Bu modellerin doğruluğunu kontrol etmek için kontrol deneyleri yapılmıştır. ANFIS ve Regresyon modelleri kontrol deney sonuçları üzerinde uygulanarak kesme kuvveti tahmini için en uygun modelin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

İş Parçası Malzemesi

Deneysel çalışmalar için imalat sektöründe yaygın olarak kullanılan AISI 4140 çeliği seçilmiştir. AISI 4140 (42CrMo4) ıslah çeliği grubunda olup, krom – molibden çeliği olarak da adlandırılmaktadır. İçerisinde bulunan alaşım elementleri çeliğin mekanik özelliklerini yükseltmektedir. İçeriğindeki Krom, korozyon ve oksidasyon dayanımını artırırken aynı zamanda sertleşebilirlik ve aşınma dirençlerini de artırmaktadır. AISI 4140, otomotiv ve inşaat sektörlerinde, makine ve uçak parçaları imalatında, takım tezgâhları, krank milleri, dişliler, akslar, vb. parçaların yapımında kullanılmaktadır. Şekil 1'de AISI 4140 çeliğinin mikro ve Tablo 1'de kimyasal bileşimi verilmiştir.



Şekil 1. AISI 4140 Çeliğinin Mikro Yapısı

Tablo 1. AISI 4140 Çeliğin Kimyasal Bileşimi (Ağırlıkça % Oranı)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	Al	Fe
0,42	0,26	0,8	1,08	0,16	0,07	0,08	0,042	kalan

AISI 4140 çeliği temin edildikten sonra sertliği 90,2 HRB olarak ölçülmüştür. Üniversal torna tezgâhında alın yüzeyi temizlendikten sonra çapı 80 mm'ye düşürülerek alın yüzeylerine punta delikleri açılmıştır. Deneyler ayna punta arasında CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir.

Kesme Parametreleri

Talaş kaldırma deneylerinde, SNMG120412-NM4 takım geometrisine sahip WSM10 karbür kesici uçlar kullanılmıştır. Deney parametreleri Tablo 2'de verilmiş olup deney tasarımı tam faktöriyel olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Deney Parametreleri

Kesme Derinliği (mm)	**Kesme Hızı (m/dak)**	**İlerleme Hızı (mm/dev)**
1	100	0,125
2	150	0,25
3	200	0,375

Çalışma kesme kuvvetinin tahminine yönelik matematiksel modellerin oluşturulmasına yönelik olması sebebiyle, deney tasarımı tam faktöriyel olarak belirlenmiştir. Toplamda 27 adet (3*3*3)

deney yapılmıştır. Bu deneylerden 18 tanesi, deney modellerin oluşturulması amacıyla, 9 tane deney ise oluşturulan modellerin kontrol edilmesi amacıyla kullanılmasına karar verilmiştir. Her deneyde yeni bir uç kullanılmıştır. Tablo 3'te ana deneyler (a1-a18) ve kontrol deneyleri (k1-k9) verilmiştir.

Tablo 3. Deney Parametreleri

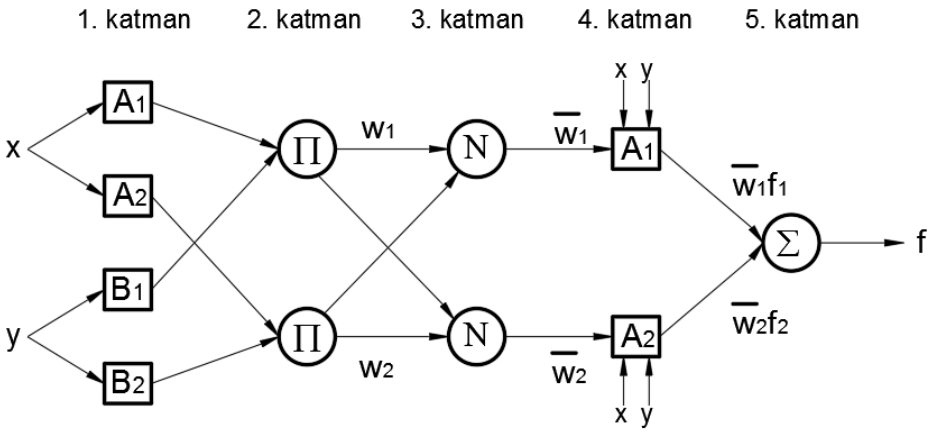
ANA DENEYLER								KONTROL DENEYLERİ			
D.No	**a (mm)**	**V (m/dak)**	**f (mm/dev)**	**D.No**	**a (mm)**	**V (m/dak)**	**f (mm/dev)**	**D.No**	**a (mm)**	**V (m/dak)**	**f (mm/dev)**
a1	1	100	0,125	a10	2	150	0,375	k1	1	100	0,38
a2	1	100	0,375	a11	2	200	0,125	k2	1	150	0,25
a3	1	150	0,125	a12	2	200	0,375	k3	1	200	0,13
a4	1	150	0,25	a13	3	100	0,25	k4	2	100	0,13
a5	1	200	0,25	a14	3	100	0,375	k5	2	150	0,13
a6	1	200	0,375	a15	3	150	0,125	k6	2	200	0,38
a7	2	100	0,125	a16	3	150	0,375	k7	3	100	0,25
a8	2	100	0,25	a17	3	200	0,125	k8	3	150	0,38
a9	2	150	0,25	a18	3	200	0,25	k9	3	200	0,25

Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi

Talaş kaldırma işlemleri esnasında KISTLER 9257A tipi dinamometre ile esas kesme kuvveti Fz (Fc), ilerleme kuvveti Fx (Ff) ve radyal kuvveti Fy (Fr) ölçülerek kayıt altına alınmıştır.

ANFIS (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System - Adaptif Tabanlı Bulanık Yapay Sinir Ağı)

ANFIS'in (Adaptif Tabanlı Bulanık Yapay Sinir Ağı), 1993'te Jang tarafından geliştirilmiştir. Sistem, bulanık mantık ile yapay sinir ağının bir arada kullanılmasıyla çalışmaktadır. Yapay sinir ağında veriler eğitilmekte ve bulanık mantıkta ise if (eğer) yapısı kullanılmaktadır. Zadeh bulanık mantığı 1965'te var olan mantık sistemine bir alternatif olarak ortaya atmıştır. Mantıkta karar biriminin üyelik derecesi ya 0 veya 1 rakamlarından oluşurken, bulanık mantıkta ise dilsel ifadeler kullanılarak üyelik derecesi 0 ile 1 arasında değişmektedir. ANFIS yönteminde kullanılan sinir ağının yapısı Şekil 2'deki gibidir (Rençber, 2018).



Şekil 2. ANFIS Ağ Yapısı [1]

Şekil 2'ye bakıldığında, 2 adet girdi (x, y) ve bir adet te çıktı (f) değişkenleri bulunmaktadır. Yapıda birden fazla katman bulunmaktadır: 1. katman verilerin sisteme tanıtıldığı aşama olup girdi değişkenlerini ifade etmektedir. 1. katmandaki A ve B'ler ise bulanık mantıktaki dilsel değişkenleri tanımlamaktadır. 2. katmanda ise, öncelikle bulanık mantık üyelik fonksiyonları belirlenir ve bu fonksiyonlarla girdi değişkenleri çarpılır. 3. katmanda elde edilen değerler normalleştirilir. Normalleştirme, her girdi için elde edilen değerin, toplam değere oranlanmasıyla gerçekleştirilmektedir. 4. katmanda ise bulanık mantık işlemi (Takagi Sugeno tipi) uygulanmakta olup sonrasında toplam çıktı değeri elde edilmektedir (Chen, 2013). YSA tekniklerinde çıktı bir vektör olarak verilirken ANFIS'te çıktı sayı olarak verilmektedir. Yöntemin uygulamasında hangi bulanık kuralın kullanılacağı veya kaç tane üyelik fonksiyonu tanımlanacağı genellikle deneme yanılma yoluyla tespit edilmektedir.

ANFIS sisteminde girdinin her bir değerinin ağı nasıl etkilediği yani girdilerin çıktı üzerindeki etki düzeyleri bulunmaktadır. Piyasada ANFIS gibi işlemlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan bazı matematiksel programlar bulunmaktadır.

Gerçekleştirilen bu çalışmada a, V ve f girdi değişkenlerine ait 18 adet deney sonucunda Fc çıktı değişkeni için MATLAB da ANFIS sistemi ile bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan bu model 18 adet ana deney ve daha sonra yapılan 9 adet kontrol deneylerinden elde edilen Fc yi tahmin etmede kullanılmıştır. Deneysel Fc ve ANFIS modeli ile tahmine dilen Fc değeri kıyaslanmıştır.

Regresyon Analizi

Regresyon analizi, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi hesaplayabilen matematiksel modelin oluşturulmasıdır. Deneysel verileri oluşturan girdiler bağımsız değişkenleri oluştururken, yanıt değişkeni (çıktı) ise bağımlı değişken olarak ifade edilmektedir. Regresyon analizinde bir bağımsız değişken ile analiz yapılıyorsa tek değişkenli regresyon (basit regresyon), bağımsız değişkenlerin birden fazla olduğu durumlarda yapılan analizlere çok değişkenli regresyon analizi denilmektedir. Regresyon analizinde, bağımsız değişkenlere ait veriler ile bir takım matematiksel formüller geliştirilmektedir. Girdi değişkenlerine ait verilerin sürekli ve düzenli olması

tahminlerin tutarlılık oranını artırmaktadır. Ancak girdi değişkenlerine ait veriler arasındaki düzensizlik gösteriyorsa, tahmin oranının düşük olmasına sebep olmaktadır (Nebati, Taş & Ertaş, 2021).

Yapılan çalışmada, 3 bağımsız değişken (a, V ve f) bir bağımlı değişken (Fc) ile gerçekleştirilen 18 adet deney verileri MINITAB programında çok değişkenli regresyon analizine tabi tutulmuştur. Regresyon analizi neticesinde Fc değerinin tahmini için matematiksel model oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında 18 adet deneysel ve 9 adet kontrol deneylerine ait Fc değerleri ile regresyon analizi neticesinde edilen model kullanılarak hesaplanan Fc değerleri kıyaslanmıştır.

Deney Sonuçları

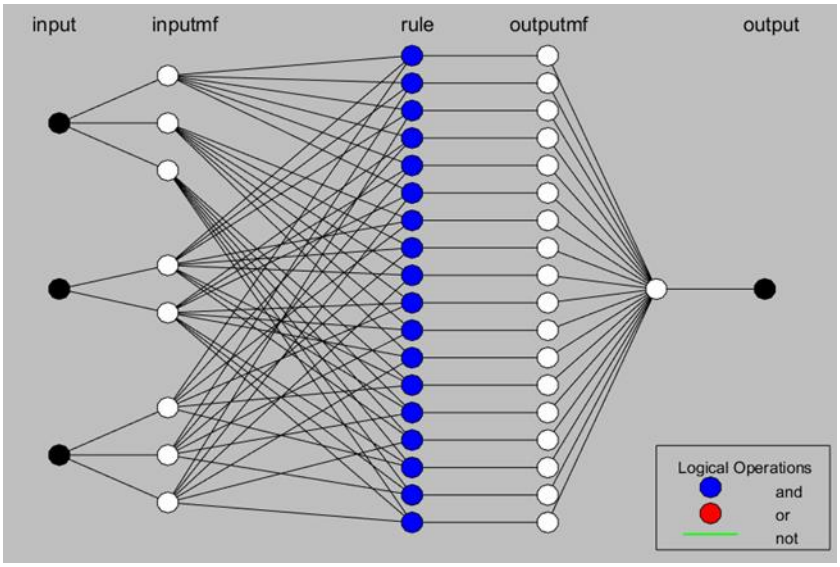
Çalışma kapsamında Tablo 3'teki girdi parametreleri ile ana deneyler gerçekleştirilmiş olup 18 tane (a1-a18) Fc değeri elde edilmiştir. Elde edilen Fc değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Ana Deneylere Ait Fc Değerleri (18 adet)

ANA DENEYLER									
D.No	**a (mm)**	**V (m/dak)**	**f (mm/dev)**	**Fc (N)**	**D.No**	**a (mm)**	**V (m/dak)**	**f (mm/dev)**	**Fc (N)**
a1	1	100	0,125	401	a10	2	150	0,375	1038
a2	1	100	0,375	356	a11	2	200	0,125	1537
a3	1	150	0,125	598	a12	2	200	0,375	1526
a4	1	150	0,25	571	a13	3	100	0,25	2160
a5	1	200	0,25	783	a14	3	100	0,375	918
a6	1	200	0,375	1080	a15	3	150	0,125	871
a7	2	100	0,125	629	a16	3	150	0,375	1130
a8	2	100	0,25	618	a17	3	200	0,125	1500
a9	2	150	0,25	590	a18	3	200	0,25	1712

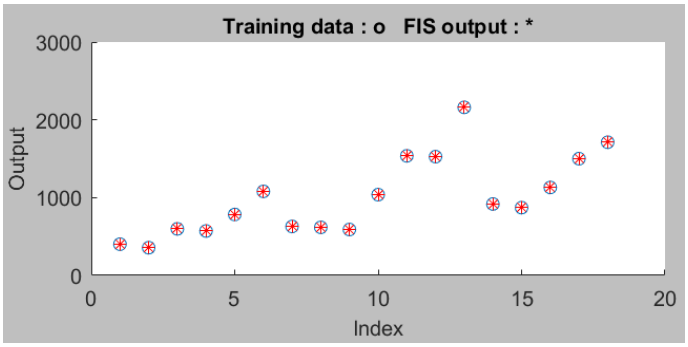
ANFIS Uygulaması

Tablo 4'te gösterilen veriler MATLAB programı kullanılarak ANFIS sistemi ile analize tabi tutulmuştur. Bu amaçla 18 adet girdi (bağımsız değişken) ve bu değişkene ait veriler sisteme tanıtılmıştır. Daha sonra her bir deney neticesinde elde edilen Fc (çıktı değişkeni) sisteme tanıtılmıştır. Daha sonra bu girdi ve çıktı değişkenlerine göre MATLAB da Şekil 3'te gösterilen model yapısı oluşturulmuştur.



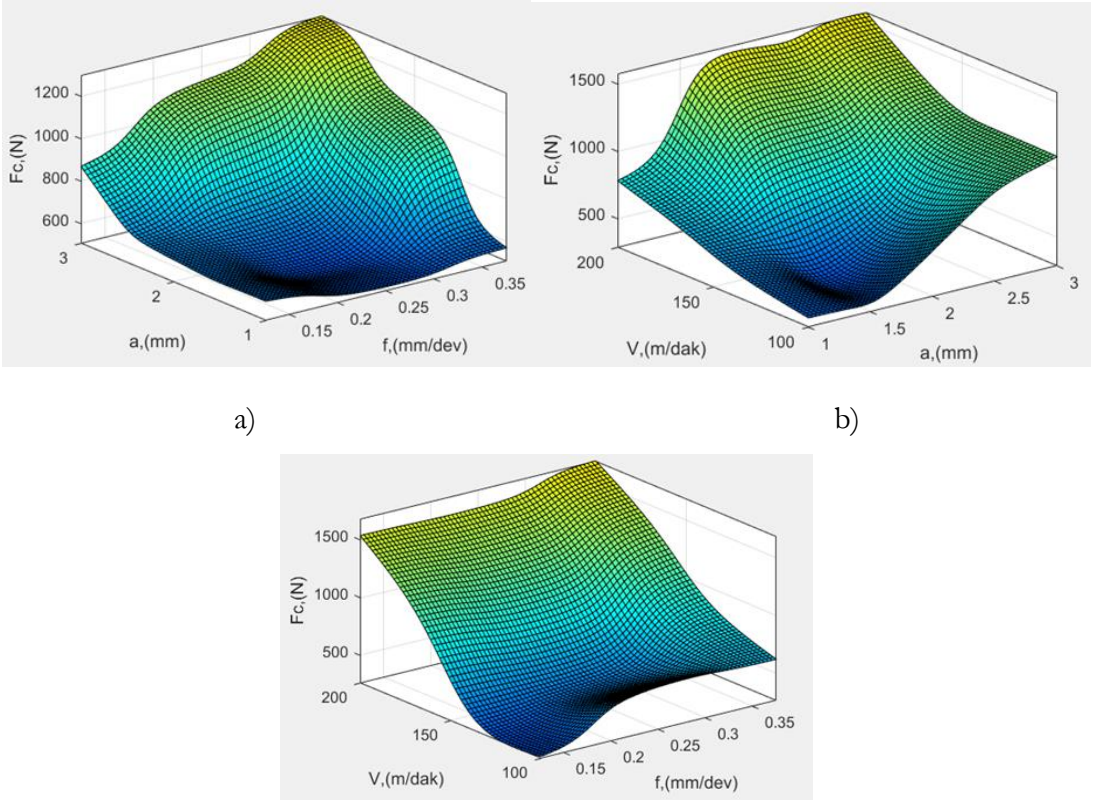
Şekil 3. ANFIS Model Yapısı

Şekil 3 incelendiğinde 3 adet girdi değişkeni input olarak görülmektedir. Inputmf (1. Katman) aşamasında girdiler sisteme tanıtılmaktadır. Rule (2. Katman) aşamasında ise kurallar oluşturulmaktadır. Yani belirlenen bulanık mantık üyelik fonksiyonları girdi değişkenleri çarpılmaktadır. Outputmf (3. Katman) aşamasında ise her girdi için elde edilen değerin, toplam değere oranlanması ile normalleştirilme işlemi yapılmaktadır. Daha sonraki aşamada bulanık mantık işlemi ile çıktı elde edilmekte ve son aşamada bu çıktı bir modele dönüştürülmektedir. Şekil 4'te deneylerden elde edilen Fc değeri ile ANFIS uygulaması ile elde edilen modelin yapmış olduğu tahmin sonucunda elde edilen Fc değerleri görülmektedir.



Şekil 4. Deneysel ve ANFIS Modeli ile Fc Değerleri

Şekil 4 incelendiğinde daireler, deneyler neticesinde elde edilen Fc değerlerini göstermektedir. ANFIS modeli, deneysel girdi parametreleri kullanılarak çalıştırılmış ve elde edilen Fc değerleri ise Şekil 4'te yıldız sembolü ile gösterilmiştir. Şekil 4'te net bir şekilde anlaşılacağı üzere ANFIS ile elde edilen model gerçekleştirilen deneyler ile elde edilen Fc değerlerini %100 olarak doğru tahmin etmektedir. MATLAB programı ile deneysel verilere ait 3 boyutlu yüzey grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafikler Şekil 5'te (a, b ve c) verilmiştir.



Şekil 5. Ana Deneylere Ait Fc Kuvveti İçin 3B Yüzey Grafikleri: a) Kesme Derinliği ve İlerleme, b) Kesme Hızı ve Kesme Derinliği, c) Kesme Hızı ve İlerleme

Şekil 5'teki grafiklere bakıldığında, f parametresinin Fc üzerinde çok az etkisi olurken, a ve V girdilerinin daha etkili oldukları anlaşılmaktadır. Fakat parametrelerin birbirleri ile etkileşimli olmaları Fc yi ciddi oranda etkilediği anlaşılmaktadır. V, f ve a, girdi parametrelerine ait değerlerin büyümesi Fc değerinin büyümesine sebep olmaktadır.

Regresyon Analizi

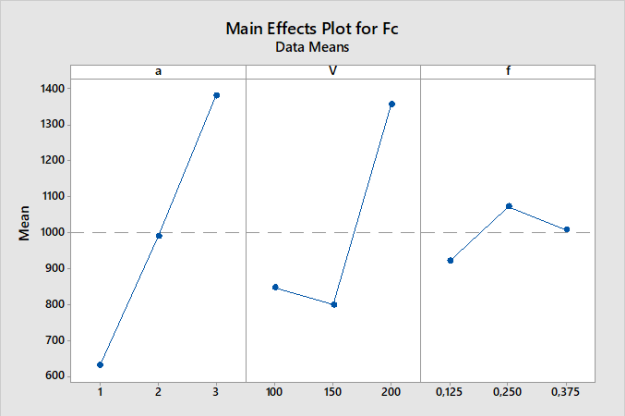
18 adet ana deneyden elde edilen Tablo 4'teki değerler MINITAB programına aktarılmış ve regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizi neticesinde elde edilen tablo Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Regresyon Analizi Tablosu (Ana Deneyler İçin)

Regression Analysis: Fc versus a; V; f							
Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Contribution
Regression	3	2489107	2489107	829702	6,3	0,006	57,44%
a	1	1689000	1689000	1689000	12,82	0,003	38,97%
V	1	778261	778261	778261	5,91	0,029	17,96%
f	1	21845	21845	21845	0,17	0,69	0,50%
Error	14	1844509	1844509	131751			42,56%

Total	17	4333616					100,00%
Model Summary							
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)				
362,975	57,44%	48,32%	30,87%				
Coefficients							
Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF	
Constant	-599	440	(-1543; 346)	-1,36	0,196		
a	375	105	(150; 600)	3,58	0,003	1	
V	5,09	2,1	(0,60; 9,59)	2,43	0,029	1	
f	341	838	(-1457; 2139)	0,41	0,69	1	
Regression Equation							
Fc = -599 + 375 a + 5,09 V + 341 f							

Tablo 5 incelendiğinde deney parametrelerinin Fc üzerindeki etkisinin 57,44% olduğu görülmektedir. Aynı zamanda, Fc üzerindeki en etkin parametre 38,97% ile a olurken, V'nin etkisi 17,96% ve f'nin etkisi ise 0,50% olduğu anlaşılmaktadır. Yine Minitab programında elde edilen Şekil 6' daki Fc için ana etki grafiğine bakıldığında, V ile f nin doğrusal bir etkiye sahip olmadığı ancak a değişkenin artmasının kesme hızını artırdığı ve Fc üzerindeki en etkin parametrenin a olduğu belirlenmektedir.



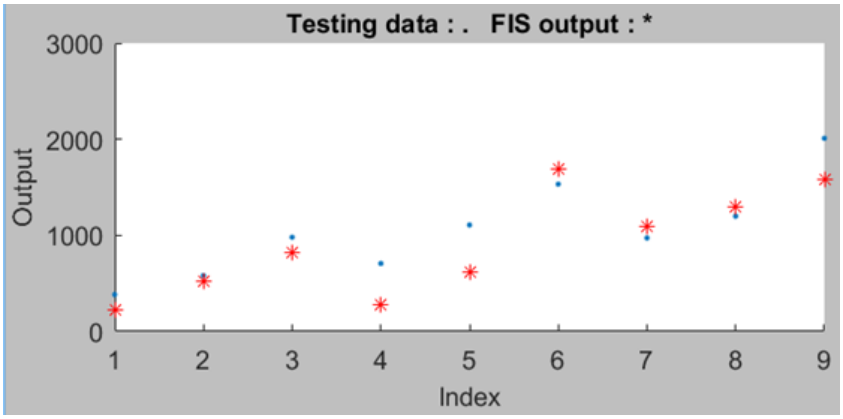
Şekil 6. Ana Etki Grafiği (Ana Deneyler İçin)

Kontrol Deneylerinin Ana Deneyler ile Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında gerek ANFIS modelinin gerekse Regresyon analizi ile elde edilen modelin kontrolünün yapılması için 9 adet kontrol deneyi (k1-k9) gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu 9 adet kontrol deney sonuçları Tablo 6'da ve ANFIS modeli ile mukayesesi Şekil 7'de verilmiştir.

Tablo 6. Kontrol Deneylerine Ait Fc Değerleri (9 adet)

KONTROL DENEYLERİ				
D.No	**a (mm)**	**V (m/dak)**	**f (mm/dev)**	**Fc (N)**
k1	1	100	0,38	384
k2	1	150	0,25	581
k3	1	200	0,13	980
k4	2	100	0,13	707
k5	2	150	0,13	1108
k6	2	200	0,38	1533
k7	3	100	0,25	973
k8	3	150	0,38	1200
k9	3	200	0,25	2010



Şekil 7. Kontrol Deneyleri Fc Değerleri ile ANFIS Modeli Fc Değerlerinin Karşılaştırılması

Şekil 7'de kontrol deneylerinden elde edilen Fc değerleri ile ANFIS modeli ile (Şekil 3) tahmin edilen Fc deneyleri gösterilmektedir. Noktalar deneysel sonuçları gösterirken yıldızlar ANFIS modelinin tahminini göstermektedir. Görüldüğü üzere, ANFIS modeli, Ana deneylerde %100 bir tahmin başarısı gösterirken kontrol deneylerini tahmin etmede aynı başarıyı gösterememiştir.

Ana deneyler sonuçları, ANFIS modeli ve Tablo 5'te gösterilen Regresyon eşitliği ile Fc değerleri tahmin edilmiş ve sonuçlar ile sapma değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Fc İçin Deneysel Sonuçlar, ANFIS Modeli ve Regresyon Modeli Tahmin Sonuçları

ANA DENEY SONUÇLARI ve MUKAYESE								
D.No	**a (mm)**	**V (m/dak)**	**f (mm/dev)**	**Fc (N)**	**ANFIS Fc (N)**	**ANFIS (%)**	**Regresyon Fc (N)**	**Regresyon (%)**
a1	1	100	0,125	401	401	100,00	328	82
a2	1	100	0,25	356	356	100,00	370	104
a3	1	150	0,125	598	598	100,00	582	97
a4	1	150	0,375	571	571	100,00	667	117
a5	1	200	0,25	783	783	100,00	879	112
a6	1	200	0,375	1080	1080	100,00	922	85
a7	2	100	0,25	629	629	100,00	745	118
a8	2	100	0,375	618	618	100,00	788	127
a9	2	150	0,25	590	590	100,00	999	169
a10	2	150	0,375	1038	1038	100,00	1042	100
a11	2	200	0,125	1537	1537	100,00	1212	79
a12	2	200	0,25	1526	1526	100,00	1254	82
a13	3	100	0,125	2160	2160	100,00	1078	50
a14	3	100	0,375	918	918	100,00	1163	127
a15	3	150	0,125	871	871	100,00	1332	153
a16	3	150	0,25	1130	1130	100,00	1375	122
a17	3	200	0,125	1500	1500	100,00	1587	106
a18	3	200	0,375	1712	1712	100,00	1672	98

Tablo 7'de de görüldüğü üzere, ana deney sonuçlarını tahmin etmede ANFIS modeli ile %100 bir başarı elde edilmiştir. Ancak Regresyon modelinde Fc değeri en iyi a10. deneyde %100 oranında hesaplanırken, en büyük hata ise a9. deneyde %169 oranında hesaplanmıştır.

Kontrol deneyler sonuçları, ANFIS modeli ve Tablo 5'te gösterilen Regresyon eşitliği ile Fc değerleri tahmin edilmiş ve sonuçlar ile sapma değerleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Fc İçin Kontrol Deneyi Sonuçları, ANFIS Modeli ve Regresyon Modeli Tahmin Sonuçları

KONTROL DENEY SONUÇLARI ve MUKAYESE								
D.No	**a (mm)**	**V (m/dak)**	**f (mm/dev)**	**Fc (N)**	**ANFIS Fc (N)**	**ANFIS (%)**	**Regresyon Fc (N)**	**Regresyon (%)**
k1	1	100	0,38	384	227	59	413	108
k2	1	150	0,25	581	527	91	625	108
k3	1	200	0,13	980	822	84	837	85
k4	2	100	0,13	707	277	39	703	99
k5	2	150	0,13	1108	613	55	957	86
k6	2	200	0,38	1533	1684	110	1297	85
k7	3	100	0,25	973	1099	113	1120	115
k8	3	150	0,38	1200	1301	108	1417	118
k9	3	200	0,25	2010	1575	78	1629	81

ANFIS modelinin oluşturulduğu ana deneyler için Fc değerlerini tahmin etmede %100 başarı elde etmesine rağmen kontrol deneylerinde k4 deneyinde görüldüğü gibi %61 lik bir hatalı tahmin yapmıştır. Yine en iyi Fc tahminini ise k8 deneyinde %8 ile hata payı ile yapmıştır.

Kontrol deneylerinin Regresyon analizinde ki tahminlerine bakıldığında en iyi tahmin %99 ile k4 deneyinde yapılırken, en büyük sapmanın olduğu tahmin ise k8 deneyinde %118 ile yapılmıştır.

Sonuç

Gerçekleştirilen çalışmada, CNC Torna tezgâhında silindirik tornalama operasyonları esnasında oluşan esas kesme kuvvetlerinin tahminine yönelik matematiksel modellerin oluşturulmuştur. Bu amaçla 3 farklı kesme hızı, 3 farklı kesme derinliği ve 3 farklı ilerleme hızı parametreleri ile 27 adet deney yapılmıştır. Her deney yeni bir uçla yapılmış ve deneyler esnasında oluşan esas kesme kuvveti (Fc) kayıt altına alınmıştır.

Bu deneylerin 18 tanesi matematiksel modellerin oluşturulmasında ve 9 tanesi ise oluşturulan modellerin doğru tahmin oranının belirlenmesinde kullanılmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

- ANFIS modeli ana deneylerde elde edilen Fc değerini %100 oranında tahmin etmiştir.
- Regresyon analizi ile oluşturulan eşitlikte, ana deneyler için Fc değerini hesaplamada en büyük hata oranı %69 oranında gerçekleşmiştir.
- Kontrol deneylerinde Fc değerini tahmin etmede ANFIS modelinin en büyük sapma değeri %61 oranında olmuştur.
- Regresyon analizinde kontrol deneyleri için Fc değerini hesaplamada en büyük sapması yine %18 oranında gerçekleşmiştir.
- Kesme kuvvetleri üzerinde en etkin parametrenin %38,97 oranında kesme derinliği olduğu tespit edilmiştir.
- Kesme kuvvetleri üzerinde kesme hızının etkisi %17,96 oranında belirlenmiştir.
- Kesme kuvvetleri üzerinde ilerle hızının bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.
- Kesme parametrelerinin a, V ve f değerlerinin artması, Fc değerini artırdığı tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

Asal, Ö., Dilipak, H., Yalçınkaya, A. & Ünal, Ş., (2021). Modeling with ANFİS of surface roughness using minimum quantity lubrication technique in milling process, *International Journal of Innovative Engineering Applications, 5* (2), 162-170. Doi: 10.46460/ijiea.952306

Asal, Ö., Dilipak, H., Canlar, B. & Güldaş, A., (2018). Experimental investigation of the cutting forces in the machining of AISI 4140 steel by using the CNC turning machine. *IV. International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2018)*, 02-06 May 2018, Kiev, Ukrayna, (ss.291-297).

Chen, M., Y., (2013). A hybrid ANFIS model for business fail-ure prediction utilizing particle swarm optimization and subtractive clustering. Information Sciences, *220*, 180-195. Doi:10.1016/j.ins.2011.09.013

Dere, M. & Filiz, İ. H. (2019). Otomat çeliğinin tornalama işleminde iş parçası çapı ve çıkıntı uzunluğunun yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin deneysel incelenmesi ve yüzey pürüzlülüğünün ANFIS ile modellenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34* (2), 675-686. Doi: 10.17341/gazimmfd.416524

Effendi, M. K., Soepangkat, B. O. P., Suhardjono, N., & Sutikno, S. (2019). Prediction of cutting force in end milling of glass fiber reinforced polymer (GFRP) composites using adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS). *Innovative Science and Technology in Mechanical Engineering for Industry 4.0*, *2187* (1), 030007.

Fedai, Y., Ünüvar, A., Kırlı Akın, H. & Başar, G. (2019). 316L Paslanmaz Çeliklerin Frezeleme işlemindeki Yüzey Pürüzlülüğün ANFIS ile Modellenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7* (2), (Özel Sayı), 98-110. Doi: 10.29130/dubited.466629

Gök, K., & Gök, A. (2020). Östemperleme işleminin CBN kesici takım gerilmeleri üzerindeki etkisinin nümerik simülasyonu. *Politeknik Dergisi*, *23* (1), 37-44. Doi: org/10.31590/ejosat.1050661

Hanafi, I., Khamlichi, A., Cabrera, F. M., Lopez, P. J. N., & Jabbouri, A. (2012). Fuzzy rule based predictive model for cutting force in turning of reinforced PEEK composite. *Measurement*, *45* (6), 1424-1435.

Hekimoğlu, A. P. & Bayraktar, Ş. (2022). CVD-TiCN/Al2O3/TiN Kaplamalı kesici uç ile Al-12Si-(0,02-1) Sr alaşımlarının tornalanmasında kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü üzerine deneysel çalışma. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, *10* (1), 50-62. Doi: 10.29109/gujsc.1025239

Jain, V., & Raj, T. (2018). Prediction of cutting force by using ANFIS. *Int J Syst Assur Eng Manag . 9* (5), 1137-1146. doi: org/10.1007/s13198-018-0717-x

Malagi, R. R., Chougula, S. R., & Shetty, R. J. (2018). Prediction of cutting force in turning of Ti-6Al-4V under minimum quantity lubrication (MQL) using response surface model and fuzzy logic model. *Int. J. Mech. Prod. Eng. Res. Dev*, *8*, 263-274.

Marani, M., Zeinali, M., Kouam, J., Songmene, V., & Mechefske, C. K. (2020). Prediction of cutting tool wear during a turning process using artificial intelligence techniques. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 111* (1), 505-515.

Marani, M., Zeinali, M., Farahany, S., & Mechefske, C. K. (2021). Neuro-fuzzy based predictive model for cutting force in CNC turning process of Al–Si–Cu cast alloy using modifier elements. *SN Applied Sciences, 3* (1), 1-11.

Naresh, C., Bose, P. S. C., Rao, C. S., & Selvaraj, N. (2021). Prediction of cutting force of AISI 304 stainless steel during laser-assisted turning process using ANFIS. *Materials Today: Proceedings*, *38*, 2366-2371.

Nebati, E., E., Taş, M. & Ertaş, G. (2021). Türkiye'de elektrik tüketiminde talep tahmini: zaman serisi ve regrasyon analizi ile karşılaştırılma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi. 31* (1), 348-357. Doi:10.31590/ejosat.998277

Özdemir, H. (2006). Tornalama işleminde kesme kuvveti ölçümünde kullanılacak dinamometre tasarımı ve üretimi (*Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi*).

Rastorguev, D. A., & Sevastyanov, A. A. (2020). Prediction of cutting force during hard turning of 105WCr6 steel using artificial neural network and neuro-fuzzy modeling. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 734, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.

Rençber, Ö., F., (2018). Basamak korelasyon, Kohonen ve ANFİS yapay sinir ağ modellerinin sınıflandırma performanslarının karşılaştırılması: Lojistik performans endeksi üzerine uygulama, *Ege Akademik Bakış, 18* (3), 521-535. Doi:10.21121/eab.2018341154

Sharma, V., Kumar, P., & Misra, J. P. (2020). Cutting force predictive modelling of hard turning operation using fuzzy logic. *Materials Today: Proceedings*, *26*, 740-744.

Shankar, S., Thangarasu, S. K., Mohanraj, T., & Pravien, D. S. (2015). Prediction of cutting force in turning process: An experimental and fuzzy approach. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, *28* (4), 1785-1793.

Shivakoti, I., Rodrigues, L. L., Cep, R., Pradhan, P. M., Sharma, A., & Kumar Bhoi, A. (2020). Experimental investigation and ANFIS-Based modelling during machining of EN31 alloy steel. *Materials*, *13* (14), 3137.

Tekaslan, Ö., Gerger, N. & Şeker, U. (2008). AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerde kesme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüklerinin araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10* (2), 3-12.

Yılmaz, B. & Güllü, A. (2020). AISI 1050 çeliğin tornalanmasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve talaş oluşumu üzerine etkilerinin araştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26* (4), 628-633.

D-Konformal Eğrilik Tensör Alanına Sahip α-Kenmotsu Pseudo Metrik Manifoldlar

Hakan ÖZTÜRK[1]
Sermin ÖZTÜRK[2]

Giriş

Literatürde değme metrik manifoldlar üzerinde pseudo Riemann metriği ile ilgili en sistematik çalışma Calvaruso ve Perrone tarafından ele alınmıştır (Calvaruso & Perrone, 2010). Bu çalışmayı takiben, Calvaruso değme Lorentz manifoldlar üzerinde incelemeler yapmıştır (Calvaruso, 2011). Daha sonra arkadaşı Perrone sabit eğrilikli değme pseudo metrik manifoldları ve CR geometri ile ilgili bir çalışma kaleme almıştır (Perrone, 2014). Esasen bu yapı ilk olarak Sasakian manifoldlar üzerinde Takashi tarafından tanıtılmıştır (Takashi, 1969). Değme pseudo metrik yapılar, (η, g)-yapısı ile verilir. Burada η, 1-formu sembolize ederken g de onunla ilişkili olan pseudo metriğini göstermektedir.

Hemen hemen değme metrik manifoldların bir sınıfı olan, Kenmotsu manifoldlar ilk olarak Kenmotsu tarafından tanıtılmıştır (Kenmotsu, 1972). Kenmotsu manifoldları Levi-Civita konneksiyonları aracılığıyla karakterize edilebilir. Kenmotsu, tensör denklemleri ile karakterize edilen, katlı çarpımla yakından ilişkili bir yapıdan ibarettir. Yani, her $X, Y \in \chi(M)$ için, aşağıdaki denklemlerle verilebilir:

$$\nabla_X \xi = X - \eta(X)\xi, \qquad (\nabla_X \phi)Y = g(\phi X, Y)\xi - \eta(Y)\phi X. \tag{1}$$

(1) denklemleriyle ifade edilen (ϕ, ξ, η, g)-yapısı normaldir. Kenmotsu yapılar için Killing vektör alanı mevcut olmadığından Kenmotsu yapılar Sasakian yapıda değildirler. Aynı zamanda, bu koşulları sağlayan Kenmotsu manifoldları kompakt bir yapıya sahip değildir. Pek çok farklı yazar Kenmotsu ve hemen hemen Kenmotsu manifoldlarını çalışmışlardır (De & Pathak, 2004), (Kim & Pak, 2005), (Jun & ark., 2005), (Hong & ark., 2006), (Dileo & Pastore, 2007), (Naik & ark., 2020), (Öztürk & Öztürk, 2020, 2021a, 2021b).

Son zamanlarda Wang ve Liu pseudo metrik ile ilişkili hemen hemen Kenmotsu manifoldlar üzerinde çalışmışlar ortaya koydular ve bu manifoldları hemen hemen Kenmotsu pseudo metrik manifoldlar şeklinde adlandırmışlardır (Wang & Liu, 2016). İyi bilindiği üzere, normal hemen hemen Kenmotsu pseudo metrik manifold, Kenmotsu pseudo metrik manifold olarak isimlendirilmektedir. Öte yandan, hemen hemen α-Kenmotsu pseudo metrik manifoldlar üzerinde sistematik bir çalışma henüz yapılmamıştır. Wang ve Liu, hemen hemen Kenmotsu pseudo metrik manifoldların geometrisini ele aldılar ve yazarlar; Riemann metrik tensörü ile pseudo Riemann metrik tensörleri arasındaki analojileri ve farklılıkları vurguladılar. Ayrıca, lokal simetri ve null şartı ile ilgili belirli sınıflandırmalar yaptılar.

[1] Doç. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu,
[2] Doç. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü

D-konformal eğrilik tensörü kavramı ilk olarak Chuman tarafından tanıtılmıştır (Chuman, 1983). Yakın zamanlarda D-konformal eğrilik tensörü birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Bagewadi & ark., 2005), (Taleshian & ark., 2011).

Bu çalışmada, α-Kenmotsu manifoldlar üzerinde D-konformal eğrilik tensörü ile ilgili bazı özellikler araştırılacak ve bazı sonuçlar elde edilecektir. Bu çalışma α-Kenmotsu manifoldlar üzerinde verilecek açıklamalı bir örnekle sonlandırılacaktır.

Temel Kavramlar

M bir $(2n+1)$-boyutlu türevlenebilir bir manifold olsun. Her $X, Y \in \chi(M)$ için,

$$\phi^2 X = -X + \eta(X)\xi,\ \eta(\xi) = 1,\ \phi(\xi) = 0,\ \eta \circ \phi = 0 \tag{2}$$

şartlarını sağlayan $(1,1)$-tipli bir tensör alanı ϕ, bir vektör alanı ξ ve η, 1-formuna sahipse M manifolduna bir hemen hemen değme manifold denir (Blair, 1976).

Eğer bir hemen hemen değme manifoldu

$$g(\phi X, \phi Y) = g(X, Y) - \varepsilon\eta(X)\eta(Y) \tag{3}$$

olacak şekilde bir pseudo metriği g ile donatılmış ise bu durumda (M, ϕ, ξ, η, g) bir hemen hemen pseudo metrik manifold olarak adlandırılır. Burada $\varepsilon = \mp 1$ dir. O halde, (3) denklemi

$$g(\phi X, Y) = -g(X, \phi Y) \tag{4}$$

yardımıyla

$$\eta(X) = \varepsilon g(X, \xi) \tag{5}$$

ile verilebilir. Bir hemen hemen değme pseudo metrik yapı için $g(\xi, \xi) = \varepsilon$ olduğu aşikardır. Bu durumda, karakteristik vektör alanı ξ bir birim vektör alanı olmak üzere, ya uzay benzeri ya da zaman benzeri olmak zorundadır. Yani, asla ışık benzeri olamaz (Wang & Liu, 2016).

Bir hemen hemen değme pseudo metrik manifoldun temel 2-formu

$$\Phi(X, Y) = g(X, \phi Y) \tag{6}$$

şeklinde tanımlıdır. R Riemann eğrilik tensörü

$$R(X, Y) = [\nabla_X, \nabla_Y] - \nabla_{[X,Y]} \tag{7}$$

şeklinde tanımlıdır. Ayrıca, Q Ricci operatörü Ricci tensörü yardımıyla

$$S(X, Y) = g(QX, Y) \tag{8}$$

ile tanımlıdır (Yano & Kon, 1984). Bir hemen hemen pseudo metrik (M, ϕ, ξ, η, g) manifoldunun $1 \leq i \leq n$ için her zaman bir özel lokal pseudo ortonormal $\{E_i, \phi E_i, \xi\}$ tabanı vardır. Bu tabana bir lokal ϕ-tabanı adı verilir (O'neil, 1983).

$(2n+1)$-boyutlu bir hemen hemen değme pseudo metrik manifold (ϕ, ξ, η)-yapısı ile verilsin. Eğer manifoldu $M \times \mathbb{R}$ şeklinde düşünürsek, her vektör alanı X için, $(X, f\frac{d}{dt})$ yardımıyla $M \times \mathbb{R}$ üzerinde bir vektör alanı belirtebiliriz. Burada t, $\mathbb{R}$ üzerindeki koordinat ve f, $M \times \mathbb{R}$ üzerinde bir türevlenebilir fonksiyondur. Böylece $M \times \mathbb{R}$ üzerinde J hemen hemen kompleks yapısı

$$J\left(X, f\frac{d}{dt}\right) = (\phi X - f\xi, \eta(X)\frac{d}{dt}) \tag{9}$$

şeklinde tanımlanabilir. Eğer J integrallenebilir ise hemen hemen değme pseudo metrik (ϕ, ξ, η)-yapısının normal olduğu açıktır. J kompleks yapısının integrallenebilmesi için gerek ve yeter şart

$$[\phi,\phi](X,Y)+2d\eta(X,Y)\xi=0 \tag{10}$$

denkleminin sağlanmasıdır (Yano & Kon, 1984). Bir hemen hemen Kenmotsu pseudo metrik manifold

$$d\eta=0,\ d\Phi=2(\eta\wedge\Phi) \tag{11}$$

şartlarını sağlayan bir hemen hemen değme pseudo metrik manifolddur. Bir normal hemen hemen Kenmotsu pseudo metrik manifoldun bir Kenmotsu pseudo metrik manifold olduğunu hatırlayalım. (M,ϕ,ξ,η,g) bir hemen hemen değme pseudo metrik manifold olsun. $\alpha\in R$ ve $\alpha\neq 0$ olmak üzere,

$$d\eta=0,\ d\Phi=2\alpha(\eta\wedge\Phi) \tag{12}$$

şartları sağlanıyorsa, M manifolduna bir hemen hemen α-Kenmotsu pseudo metrik manifold denir (Kim & Pak, 2005). Özel olarak, $\alpha=1$ için, M bir hemen hemen Kenmotsu pseudo metrik manifoldudur (Kenmotsu, 1972). Normal hemen hemen α-Kenmotsu pseudo metrik manifoldu da α-Kenmotsu pseudo metrik manifold olarak adlandırılır.

Önerme 1. M, $(2n+1)$-boyutlu bir hemen hemen α-Kenmotsu pseudo metrik manifold olmak üzere, $\forall\, X,Y\in\chi(M)$ için,

$$-\phi\big(\nabla_{\phi X}\phi\big)Y+(\nabla_X\phi)Y=-2\alpha\eta(Y)\phi X+\varepsilon(g(\alpha\phi X+hX,Y)\xi) \tag{13}$$

önermesi geçerlidir (Öztürk & Öztürk, 2021a).

Önerme 2. M, $(2n+1)$-boyutlu bir hemen hemen α-Kenmotsu pseudo metrik manifold olmak üzere, $\forall\, X,Y\in\chi(M)$ için, M nin bir α-Kenmotsu pseudo metrik manifold olması için aşağıda verilen önermenin sağlaması gerek ve yeterdir:

$$(\nabla_X\phi)Y=\alpha[\varepsilon g(\phi X,Y)\xi-\eta(Y)\phi X] \tag{14}$$

(Öztürk & Öztürk, 2020).

Önerme 3. M, $(2n+1)$-boyutlu bir hemen hemen α-Kenmotsu pseudo metrik manifold olsun. Bu durumda, aşağıdaki eşitlikler geçerlidir:

$$\nabla_X\xi=-\alpha\phi^2X+h\phi X \tag{15}$$

$$(\nabla_X\eta)Y=\alpha[\varepsilon g(X,Y)-\eta(X)\eta(Y)]+g(hX,\phi Y) \tag{16}$$

(Öztürk & Öztürk, 2021a).

Bazı Eğrilik Özellikleri

Bu bölüm α-Kenmotsu pseudo metrik manifoldlar üzerinde temel eğrilik özelliklerini incelemeye adanmıştır. Bu özellikleri ana sonuçlar bölümünde kullanacağız.

Önerme 4. M, $(2n+1)$-boyutlu bir α-Kenmotsu pseudo metrik manifold olmak üzere, $\forall\, X,Y\in\chi(M)$ için,

$$\nabla_X\xi=\alpha X-\alpha\eta(X)\xi \tag{17}$$

$$(\nabla_X\eta)Y=\alpha[\varepsilon g(X,Y)-\eta(X)\eta(Y)] \tag{18}$$

$$R(X,Y)\xi=-\alpha^2[\eta(Y)X-\eta(X)Y] \tag{19}$$

$$R(X,\xi)Y=\alpha^2[\varepsilon g(Y,X)\xi-\eta(Y)X] \tag{20}$$

$$R(X,\xi)\xi = \alpha^2\phi^2 X \tag{21}$$

$$\eta(R(X,Y)Z) = \varepsilon\alpha^2[-\eta(X)g(Y,Z) + \eta(Y)g(X,Z)] \tag{22}$$

$$S(X,\xi) = -2\alpha^2 n\eta(X) \tag{23}$$

$$Q\xi = -2\alpha^2 n\varepsilon\xi \tag{24}$$

$$S(\varphi X,\varphi Y) = \varepsilon\alpha^2 S(X,Y) + 2\alpha^2 n[-g(X,Y) + \varepsilon\eta(X)\eta(Y)] \tag{25}$$

eşitlikleri geçerlidir. Burada α sabit reel sayı ve $\varepsilon = g(\xi,\xi)$ dir (Öztürk & Öztürk, 2020).

Önerme 5. M, $(2n+1)$-boyutlu bir α-Kenmotsu pseudo metrik manifold olmak üzere, $\forall\, X,Y \in \chi(M)$ için,

$$div\eta = -2n\alpha\varepsilon,\ div\xi = 2\alpha n,\ K(\xi,Y) = \alpha^2\varepsilon \tag{26}$$

Burada $\{e_1,\cdots,e_n,\phi e_1,\cdots,\phi e_n,\xi\}$, M üzerinde bir lokal pseudo ϕ-tabanı ve $g(\xi,\xi) = \varepsilon$, $\varepsilon^2 = 1$ olarak alınmıştır (Öztürk & Öztürk, 2021a).

Tanım 1. M, $(2n+1)$-boyutlu bir α-Kenmotsu pseudo metrik manifold olmak üzere, $\forall\, X,Y \in \chi(M)$ için,

$$S(X,Y) = \mu_1 g(X,Y) + \varepsilon\mu_2\eta(X)\eta(Y) \tag{27}$$

koşulu sağlanıyorsa, M ye bir η-Einstein manifoldu denir, burada μ_1 ve μ_2, M üzerindeki keyfi fonksiyonlardır. Özel olarak, μ_2=0 alındığında M bir Einstein manifoldu olur (Blair, 1976).

Önerme 6. M, $(2n+1)$-boyutlu bir η-Einstein α-Kenmotsu pseudo metrik manifold olmak üzere, $\forall\, X,Y \in \chi(M)$ için,

$$\mu_1 + \varepsilon\mu_2 = -2n\varepsilon\alpha^2 \tag{28}$$

$$\varepsilon r = \mu_1(2n+1) + \mu_2 \tag{29}$$

$$\mu_1 = \frac{r+2n\varepsilon\alpha^2}{(2n+1)\varepsilon-1} \tag{30}$$

$$\mu_2 = \left[\frac{2n(\alpha^2+r)+r}{(2n+1)\varepsilon-1}\right] \tag{31}$$

eşitlikleri sağlanır. Burada r, M nin skalar eğriliğidir.

İspat. (23) ve (27) eşitlikleri $Y = \xi$ için birlikte ele alınırsa,

$$S(X,\xi) = \varepsilon\mu_1\eta(X) + \varepsilon^2\mu_2\eta(X) = -2\alpha^2 n\eta(X)$$

denklemi gereğince

$$\varepsilon\mu_1 + \mu_2 = -2\alpha^2 n$$

bulunur. Bu son eşitlik yardımıyla (28) eşitliğine ulaşılır. Bundan başka, (27) eşitliğinde $E_i = \{e_1,\cdots,e_n,\phi e_1,\cdots,\phi e_n,\xi\}$, M üzerinde bir lokal pseudo ϕ-tabanı için, $X = Y = E_i$ alınır ve i indeksi üzerinden kontraksiyon yapılırsa

$$r = \varepsilon\mu_1(2n+1) + \varepsilon\mu_2$$

eşitliği yardımıyla (29) elde edilir.

Bunlara ilaveten, (28) ve (29) eşitlikleri yardımıyla

$$\mu_1 - \varepsilon(2n+1)\mu_1 = -2n\varepsilon\alpha^2 - r$$

ve

$$-\mu^2\big(\varepsilon(2n+1)\big) = 2n\varepsilon\alpha^2 + \varepsilon r + 2n\varepsilon r$$

yazılır. Yukarıdaki eşitlikler sırasıyla düzenlenirse, (30) ve (31) eşitliklerinin ispatları açıktır.

Tanım 2 $(2n+1)$-boyutlu $(n \geq 2)$ bir Riemann manifoldu (M, g) üzerinde aşağıdaki şekilde tanımlanan B eğrilik tensör alanına D-konformal eğrilik tensör alanı denir:

$$B(X,Y)Z = R(X,Y)Z + \frac{1}{2n-2}[S(X,Z)Y - S(Y,Z)X + g(X,Z)QY - g(Y,Z)QX$$
$$-S(X,Z)\eta(Y)\xi + S(Y,Z)\eta(X)\xi - \eta(X)\eta(Z)QY + \eta(Y)\eta(Z)Q - \frac{k-2}{2n-2}[g(X,Z)Y -$$
$$g(Y,Z)X] + \frac{k}{2n-2}[g(X,Z)\eta(Y)\xi - g(Y,Z)\eta(X)\xi + \eta(X)\eta(Z)Y - \eta(Y)\eta(Z)X]. \quad (32)$$

Burada $k = \frac{r+4n}{2n-1}$ ve r, M nin skalar eğriliğidir (Chuman, 1983).

Ana Sonuçlar

Bu bölümde, α-Kenmotsu pseudo metrik manifoldlar üzerinde D-konformal eğrilik tensör alanı ile ilgili bazı şartlar araştırılmış ve bazı sınıflayıcı sonuçlar elde edilmiştir.

Teorem 1. M, $(2n+1)$-boyutlu bir α-Kenmotsu pseudo metrik manifold olsun. Eğer M, D-konformal flat ve ξ karakteristik vektör alanı zaman benzeri ise, o zaman M bir η-Einstein yapıya sahiptir. Ayrıca, M, D-konformal flat ve ξ karakteristik vektör alanı uzay benzeri ise, bu takdirde M bir η-Einstein yapıya sahip değildir.

İspat. Hipotez gereğince M manifoldunun D-konformal flat olduğunu varsayalım. Yani,

$$B(X,Y)Z = 0 \quad (33)$$

olsun. O halde, (32) ve (33) eşitlikleri birlikte hesaba katılırsa

$$R(X,Y)Z = -\frac{1}{2n-2}[S(X,Z)Y - S(Y,Z)X + g(X,Z)QY - g(Y,Z)QX - S(X,Z)\eta(Y)\xi +$$
$$S(Y,Z)\eta(X)\xi - \eta(X)\eta(Z)QY + \eta(Y)\eta(Z)QX] + \frac{k-2}{2n-2}[g(X,Z)Y - g(Y,Z)X]$$
$$-\frac{k}{2n-2}[g(X,Z)\eta(Y)\xi - g(Y,Z)\eta(X)\xi + \eta(X)\eta(Z)Y - \eta(Y)\eta(Z)X] \quad (34)$$

yazılır. (34) eşitliğinin her iki tarafına U vektör alanına göre skalar çarpım uygulanırsa

$$g(R(X,Y)Z,U) = -\frac{1}{2n-2}[S(X,Z)g(Y,U) - S(Y,Z)g(X,U) + g(X,Z)g(QY,U) \quad (35)$$

$$-g(Y,Z)g(QX,U) - \varepsilon S(X,Z)\eta(Y)\eta(U) + \varepsilon S(Y,Z)\eta(X)\eta(U) - \eta(X)\eta(Z)g(QY,U) +$$

$$\eta(Y)\eta(Z)g(QX,U)] + \frac{k-2}{2n-2}[g(X,Z)g(Y,U) - g(Y,Z)g(X,U)]$$

$$-\frac{k}{2n-2}[\varepsilon g(X,Z)\eta(Y)\eta(U) - \varepsilon g(Y,Z)\eta(X)\eta(U) + \eta(X)\eta(Z)g(Y,U) - \eta(Y)\eta(Z)g(X,U)]$$

elde edilir ve $R(X,Y,Z,U) = g(R(X,Y)Z,U)$ olarak alınmıştır. (22) ve (23) eşitlikleri yardımıyla (35) eşitliği $U = \xi$ için,

$$\eta(R(X,Y)Z) = -\alpha^2\varepsilon\eta(X)g(Y,Z) + \alpha^2\varepsilon\eta(Y)g(X,Z) = \tag{36}$$

$$-\frac{\varepsilon}{2n-2}[(\varepsilon-1)\eta(Y)S(X,Z) + (1-\varepsilon)\eta(X)S(Y,Z) - 2n\alpha^2\eta(Y)S(X,Z) + 2n\alpha^2\eta(X)S(Y,Z)]$$

$$+\frac{k-2}{2n-2}[\eta(Y)g(X,Z) - \eta(X)g(Y,Z)] - \frac{\varepsilon k}{2n-2}[\eta(Y)g(X,Z) - \eta(X)g(Y,Z)]$$

haline dönüşür. (36) eşitliğinde Y yerine ξ alınarak

$$-\frac{\varepsilon}{2n-2}[(\varepsilon-1)\varepsilon S(X,Z) - 2n\alpha^2\eta(X)\eta(Z) - 2n\alpha^2\varepsilon g(X,Z)] \tag{37}$$

$$+\frac{k-2}{2n-2}[\varepsilon g(X,Z) - \varepsilon\eta(X)\eta(Z)] - \frac{\varepsilon k}{2n-2}[\varepsilon g(X,Z) - \varepsilon\eta(X)\eta(Z)]$$

$$= \alpha^2 g(X,Z) - \alpha^2\eta(X)\eta(Z)$$

bulunur. (37) eşitliği üzerinde gerekli düzenlemeler yapılırsa

$$S(X,Z) = \left(\frac{2n-2}{\varepsilon-1}\right)\left[\frac{\varepsilon(k-2)-k+2n\alpha^2}{2n-2} - \alpha^2\right]g(X,Z) \tag{38}$$

$$+\left(\frac{2n-2}{\varepsilon-1}\right)\left[\frac{-\varepsilon(k-2)+k+2n\varepsilon\alpha^2}{2n-2} + \alpha^2\right]\eta(X)\eta(Z)$$

elde edilir. Son olarak, (38) eşitliği yeniden düzenlenir ve gerekli sadeleştirmeler yapılırsa

$$S(X,Z) = \left[\frac{2(\alpha^2-\varepsilon)}{\varepsilon-1} + k\right]g(X,Z) \tag{39}$$

$$+\left[\frac{2(\varepsilon-\alpha^2+n\alpha^2(\varepsilon+1))}{\varepsilon-1} - k\right]\eta(X)\eta(Z)$$

bulunur. Böylece (39) eşitliğinin göz önüne alınmasıyla ξ karakteristik vektör alanının uzay benzeri $(\varepsilon = g(\xi,\xi) = 1)$ olarak seçildiğinde η-Einstein yapının var olamayacağı açıktır. Diğer yandan, ξ karakteristik vektör alanının zaman benzeri $(\varepsilon = g(\xi,\xi) = -1)$ seçilmesi durumunda ise

$$S(X,Z) = \left[\frac{r+2n+1}{2n-1} - \alpha^2\right]g(X,Z) \tag{40}$$

$$+\left[-\frac{r+4n}{2n-1} + 1 + \alpha^2\right]\eta(X)\eta(Z)$$

şeklinde tanımlı η-Einstein manifold mevcut olacaktır.

Teorem 2. $(2n+1)$-boyutlu bir α-Kenmotsu pseudo metrik manifold M olmak üzere, ξ karakteristik vektör alanı uzay benzeri olacak şekilde M üzerinde ξ-D-konformal flat manifoldu yoktur.

İspat. Hipoteze göre, verilen M α-Kenmotsu pseudo metrik manifoldunun ξ-D-konformal flat şartını sağladığını kabul edelim. Başka bir değişle,

$$B(X,Y)\xi = 0 \tag{41}$$

olsun. (32) eşitliğinin kullanılmasıyla (41) eşitliği

$$R(X,Y)\xi + \frac{1}{2n-2}[S(X,\xi)Y - S(Y,\xi)X + g(X,\xi)QY - g(Y,\xi)QX - S(X,\xi)\eta(Y)\xi$$
$$+S(Y,\xi)\eta(X)\xi - \varepsilon\eta(X)QY + \xi\eta(Y)QX] - \frac{k-2}{2n-2}[\varepsilon g(X,\xi)Y - \varepsilon g(Y,\xi)X]$$
$$+\frac{k}{2n-2}[\varepsilon g(X,\xi)\eta(Y)\xi - \varepsilon g(Y,\xi)\eta(X)\xi + \varepsilon\eta(X)Y - \varepsilon\eta(Y)X] = 0 \quad (42)$$

şeklinde yazılabilir. (19), (20) ve (23) eşitlikleri yardımıyla, (42) eşitliğinin her iki tarafının V vektör alanı ile skalar çarpımı sonucu

$$\alpha^2\eta(X)g(Y,V) - \alpha^2\varepsilon\eta(Y)g(X,V) + \frac{1}{2n-2}[-2n\alpha^2\eta(X)g(Y,V) + 2n\alpha^2\eta(Y)g(X,V)] \quad (43)$$
$$-\left(\frac{(k-2)\varepsilon}{2n-2}\right)[\eta(X)g(Y,V) - \eta(Y)g(X,V)] + \left(\frac{\varepsilon k}{2(n-1)}\right)[\eta(X)g(Y,V) - \eta(Y)g(X,V)] = 0$$

denklemine ulaşırız. (43) denkleminde Y yerine ξ karakteristik vektör alanını alırsak,

$$\left[\frac{-2+2n\alpha^2\varepsilon}{2n-2} - \varepsilon\alpha^2\right]g(X,V) + \left[\frac{2-2n\alpha^2\varepsilon}{2n-2} + \varepsilon\alpha^2\right]\eta(X)\eta(V) = 0 \quad (44)$$

yazılır. (44) denkleminin düzenlenmesiyle

$$\left(\frac{\alpha^2\varepsilon-1}{n-1}\right)[g(X,V) - \eta(X)\eta(V)] = 0 \quad (45)$$

elde edilir. Burada $n \geq 2$ ve $\alpha^2 \neq 0$ önermeleri birlikte hesaba katılırsa,

$$g(X,V) - \eta(X)\eta(V) = 0 \quad (46)$$

bulunur. Diğer yandan, (3) eşitliği $\varepsilon = 1$ için, göz önüne alındığında (46) eşitliği

$$g(\phi X, \phi V) = 0 \quad (47)$$

haline dönüşür. Ancak elde edilen (47) önermesi bir çelişkidir. Bu nedenle, ξ karakteristik vektör alanı uzay benzeri olarak alındığında ξ-D-konformal flat manifold mevcut değildir. Böylece ispat tamamlanmış olur.

Teorem 3. $(2n+1)$-boyutlu ϕ-D-konformal flat α-Kenmotsu pseudo metrik manifoldu bir η-Einstein manifoldudur.

İspat. Kabul edelim ki, bir M α-Kenmotsu pseudo metrik manifoldu ϕ-D-konformal flat şartını sağlasın. Böylece M manifoldu aşağıdaki eşitliği sağlayacaktır:

$$g(B(\phi X, \phi Y)\phi Z, \phi V) = 0. \quad (48)$$

(32) ve (48) eşitlikleri birlikte kullanılırsa

$$g(R(\phi X, \phi Y)\phi Z, \phi V) + \frac{1}{2n-2}[S(\phi X, \phi Z)g(\phi Y, \varphi V) - S(\phi Y, \phi Z)g(\phi X, \phi V)$$
$$+S(\phi Y, \phi V)g(\phi X, \phi Z) - S(\phi X, \phi V)g(\phi Y, \phi Z)]$$
$$-\frac{k-2}{2n-2}[g(\phi X, \phi Z)g(\phi Y, \phi V) - g(\phi Y, \phi Z)g(\phi X, \phi V)] = 0 \quad (49)$$

denklemine ulaşılır. (3), (22) ve (25) eşitlikleri yardımıyla (49) eşitliği

$$\varepsilon\alpha^2 g(\phi X, \phi W)g(\phi Y, \phi U) - \varepsilon\alpha^2 g(\phi Y, \phi W)g(\phi X, \phi U)$$

$$+\frac{1}{2n-2}[\varepsilon\alpha^2 S(X,Z)g(Y,V)-2n\alpha^2 g(X,Z)g(Y,V)+2n\alpha^2\varepsilon\eta(X)\eta(Z)g(Y,V)$$
$$-\alpha^2 S(X,Z)\eta(Y)\eta(V)+2n\alpha^2\varepsilon\eta(Y)\eta(V)g(X,Z)-\alpha^2 S(Y,Z)g(X,V)$$
$$+2n\alpha^2 g(X,V)g(Y,Z)-2n\alpha^2\varepsilon\eta(Y)\eta(Z)g(X,V)+\alpha^2 S(Y,Z)\eta(X)\eta(V)$$
$$-2n\alpha^2\varepsilon\eta(X)\eta(V)g(Y,Z)+\varepsilon\alpha^2 S(Y,V)g(X,Z)-2n\alpha^2 g(X,Z)g(Y,V)$$
$$+2n\alpha^2\varepsilon\eta(Y)\eta(V)g(X,Z)-\alpha^2 S(Y,V)\eta(X)\eta(Z)+2n\alpha^2\varepsilon\eta(X)\eta(Z)g(Y,V)$$
$$-\varepsilon\alpha^2 S(X,V)g(Y,Z)+2n\alpha^2 g(X,V)g(Y,Z)-2n\alpha^2\varepsilon\eta(X)\eta(V)g(Y,Z)$$
$$+\alpha^2 S(X,V)\eta(Y)\eta(Z)+2n\alpha^2\varepsilon\eta(Y)\eta(Z)g(X,V)] \quad (50)$$
$$-\frac{k-2}{2n-2}[g(X,Z)g(Y,V)-\varepsilon g(X,Z)\eta(Y)\eta(V)-\varepsilon g(Y,V)\eta(X)\eta(Z)$$
$$-g(Y,Z)g(X,V)+\varepsilon g(Y,Z)\eta(X)\eta(V)+\varepsilon g(X,V)\eta(Y)\eta(Z)]=0$$

yazılır. (50) eşitliğine $X=V=E_i$ için kontraksiyon yapıldıktan sonra

$$0=L_1 g(Y,Z)+L_2\eta(Y)\eta(Z)+L_3 S(Y,Z)$$

olmak üzere,

$$S(Y,Z)=-\frac{L_1}{L_3}g(Y,Z)-\frac{L_2}{L_3}\eta(Y)\eta(Z) \quad (51)$$

bulunur. Burada (51) denkleminde kullanılan fonksiyonlar aşağıda verilmiştir:

$$L_1=\alpha^2(\varepsilon+2(n+1))+b(2n\varepsilon-1)\ -\alpha^2 a(\varepsilon r+6n)+2n\alpha^2 a\varepsilon(1+4n)$$
$$L_2=\alpha^2(2n\varepsilon-1)+b(1-2n)+a[4n\alpha^4(1-2n)+\alpha^2 r+2n\alpha^2(1+\varepsilon)]$$
$$L_3=\left[\frac{\alpha^2(\varepsilon-n)}{n-1}\right]$$
$$\frac{L_1}{L_3}=\frac{\varepsilon\alpha^2(1-r)+2\alpha^2(1-n+4n^2\varepsilon)+(r+2)(2n\varepsilon-1)}{2\alpha^2(\varepsilon-n)}$$
$$\frac{L_2}{L_3}=\frac{1+\alpha^2 n}{\varepsilon-n}+\frac{n(\alpha^2\varepsilon-2)+1}{(\varepsilon-n)\alpha^2(2n-1)}+\frac{4n^2\varepsilon(n-1)}{(\varepsilon-n)(2n-1)}+\frac{\alpha^2 r(n-1)-r(2n-1)}{2(\varepsilon-n)\alpha^2(2n-1)}$$
$$a=\frac{1}{2n-2},b=\frac{k-2}{2n-2},k=\frac{r+4n}{2n-1}.$$

Sonuç olarak, (51) eşitliği yardımıyla ispata ulaşılır.

Örnek 1. $M=\{(u,v,z)\in R:\quad z\neq 0\}$ şeklinde tanımlanan 3-boyutlu bir M manifoldunu düşünelim. M üzerinde bir lokal pseudo $\{E_i,\ i=1,2,3\}$ tabanı

$$E_1=e^{4z^2}\left(\frac{\partial}{\partial u}\right),E_2=e^{4z^2}\left(\frac{\partial}{\partial v}\right),E_3=\left(\frac{\partial}{\partial z}\right)$$

olsun. Bundan başka, M üzerinde tanımlı g metrik tensör alanını da

$$g=e^{-8z^2}(\varepsilon_1 du^2+\varepsilon_2 dv^2)+\varepsilon dz^2$$

olarak seçelim. Böylece M nin bir hemen hemen değme pseudo metrik yapıya sahip olduğunu aşağıdaki eşitliklerden görebiliriz:

$$\phi(\xi) = 0, \phi(E_1) = E_2, \phi(E_2) = -E_1$$

$$g(\phi X, \phi Y) = g(X, Y) - \varepsilon\eta(X)\eta(Y)$$

$$\phi^2 X = -X + \eta(X)E_3,\ \eta(X) = \varepsilon g(E_3, X), \eta(E_3) = g(E_3, E_3) = \varepsilon$$

$$\varepsilon_i = g(E_i, E_i), \qquad i = 1,2,3.$$

Dolayısıyla yukarıda elde edilen (M, ϕ, η, g)-yapısının bir hemen hemen α-Kenmotsu pseudo metrik yapıya sahip olduğunu göstermeliyiz. Başka bir ifadeyle, M üzerinde $d\eta = 0$ ve $d\Phi = 2\alpha(\eta \wedge \Phi)$ eşitliklerinin sağlayıp sağlamadığını araştırmalıyız.

$\eta = dz$ eşitliği yardımıyla $d\eta = 0$ olduğunu kolayca söyleyebiliriz. Bundan başka,

$$\Phi(E_1, E_2) = -\varepsilon_i$$

olmak üzere,

$$\Phi = -\varepsilon_i e^{-8z^2}(du \wedge dv)$$

yazılır. Bu son eşitliğin dış türevi alınarak,

$$d\Phi = -2\varepsilon_i 8z(\eta \wedge \Phi)$$

elde edilir. Ayrıca, Nijenhuis tensör alanı özdeş olarak sıfır olduğundan üzerinde çalışılan yapı α-Kenmotsu pseudo metriktir. Böylece M bir α-Kenmotsu pseudo metrik manifoldudur.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, D-konformal eğrilik tensörüne sahip α-Kenmotsu pseudo metrik manifoldlarla ilgili bazı sonuçların elde edilmesini içermektedir. Burada yapılan hesaplamalarda α sıfırdan farklı bir sabit fonksiyondur. Bulunan yeni sonuçlar literatürde α-Kenmotsu manifoldları da kapsayan daha genel ve sınıflayıcı niteliktedir.

Gelecek çalışmalarımız; soliton teorisine dayanarak (κ, μ, ν) -uzayları, D -homotetik deformasyon ve bazı paralel tensör alanları yardımıyla hemen hemen α-Kenmotsu manifoldlar üzerinde daha genel sonuçlar bulmaya adanacaktır. Ayrıca, D-konformal eğrilik tensör alanına ve diğer simetrik veya yarı simetrik tensör şartlarına göre α-Kenmotsu pseudo metrik manifoldlarla ilgili çalışmalarımız $d\alpha \wedge \eta = 0$ olacak şekilde türevlenebilir α fonksiyonları için devam edecektir.

KAYNAKÇA

Begawadi, C. S. & Kumar, E. G. & Venkatesha, V. (2005) On irrational D-conformal curvature tensor. *Novi Sad J. Math., 35* (2), 85-92.

Blair, D. E. (1976). *Contact manifolds in Riemannian geometry*, Lecture Notes in Math., Vol. 509, New York: Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

Calvaruso, G. & Perrone, D. (2010). Contact pseudo-metric manifolds. *Differential Geometry and its Applications, 28,* 615-634. Doi: https://doi.org/10.1016/j.difgeo.2010.05.006

Calvaruso, G. (2011). Contact Lorentzian manifolds. *Differential Geometry and its Applications, 29,* 541-551. Doi: https://doi.org/10.1016/j.difgeo.2011.04.006

Chuman, G. (1983). On the D-conformal curvature tensor. *Tensor*, *40* (2), 125-134.

De, U. C. & Pathak, G. (2004). On 3-dimensional Kenmotsu manifolds. *Ind. J. Pure Applied Math., 35,* 159-165.

Dileo, G. & Pastore A. M. (2007). Almost Kenmotsu manifolds and local symmetry. *Bulletin of the Belgian Mathematical Society-Simon Stevin, 14,* 343-354. Doi: 10.36045/bbms/1179839227

Hong, S. & Özgür, C. & Tripathi, M. M. (2006). On some special classes of Kenmotsu manifolds. *Kuwait J. Sci. Eng., 33,* 19-32.

Jun, J. B. & De, U. C. & Pathak, G. (2005). On Kenmotsu manifolds. *J. Korean Math. Soc., 42,* 435-445. Doi: https://doi.org/10.4134/JKMS.2005.42.3.435

Kenmotsu, K. (1972). A class of contact Riemannian manifold. *Tohoku Math. J., 24,* 93-103. Doi: 10.2748/tmj/1178241594

Kim, T. W. & Pak, H. K. (2005). Canonical foliations of certain classes of almost contact metric structures. *Acta Math. Sinica, Eng. Ser. Aug., 21,* 841-846. Doi: https://doi.org/10.1007/s10114-004-0520-2

Naik, D. M. & Venkatesha, V. & Kumara, H. A. (2020). Some results on almost Kenmotsu manifolds, *Note di Matematica., 40* (1), 87-100. Doi: 10.1285/i15900932v40n1p87

O'Neil, B. (1983). *Semi-Riemannian geometry with applications to relativity*. New York: Academic Press.

Öztürk, S. & Öztürk, H. (2020). On α-Kenmotsu Pseudo Metric Manifolds, *AKU Journal of Science and Eng., 20,* 975-982. Doi: 10.35414/akufemubid.803483

Öztürk, S. & Öztürk, H. (2021). Almost α-cosymplectic pseudo metric manifolds. *Journal of Mathematics, 2021,* Article ID 4106025, 10 pages. Doi: https://doi.org/10.1155/2021/4106025

Öztürk, S. & Öztürk, H. (2021). Certain class of almost α-cosymplectic manifolds, *Journal of Mathematics, 2021,* Article ID 9277175, 9 pages. Doi: https://doi.org/10.1155/2021/9277175

Perrone, D. (2014). Contact pseudo-metric manifolds of constant curvature and CR geometry. *Results in Mathematics, 66,* 213-225. Doi: https://doi.org/10.1007/s00025-014-0373-7

Takahashi, T. (1969). Sasakian manifold with pseudo-Riemannian metric, *Tôhoku Mathematical Journal, 21,* 271-290.

Taleshian, A. & Hosseinzadeh, A. A. & Khaniani, F. (2011). On D-conformal curvature tensor Sasakian manifolds. *Journal of Nonlinear Analysis and Application, 2011,* 1-5. Doi: 10.5899/2011/jnaa-00088

Wang, Y. & Liu, X. (2016). Almost Kenmotsu pseudo-metric manifolds. *Analele Stiintifice ale Universitatii Al I Cuza din Iasi -Matematica, 62,* 241-256. Doi: 10.2478/aicu-2014-0030

Yano, K. & Kon, M. (1984). *Structures on manifolds*, Series in Pure Math., Vol. 3, Singapore: World Scientific Publishing Co.

Deprem Etkisindeki Tek Serbestlik Dereceli Bir Binanın Kolonlardaki Çatlakların Sistem Cevaplarına Etkisi

Hüseyin AGGÜMÜŞ[1]
Mehmet HASKUL[2]
Abdullah TURAN[3]

Giriş

Deprem etkisindeki yapılar yıkılabilir ya da hasar görebilir. Hasar gören yapılar, hasarın durumuna göre yapı için tehlikeli olabilir. Bu nedenle harici bir bozucu etkisi ortadan kalktıktan sonra yapılması gereken en önemli şey yapının ne kadar hasar gördüğünün tespitidir. Bir yapıdaki hasar kavramının yapıyı ne kadar etkilediğini belirlemek önemli bir konudur. Genellikle yapının kolonlarında veya kirişlerinde meydana gelen çatlaklar yapının dinamiğini etkilemektedir. Buradan hareketle meydana gelen çatlakların sistem cevaplarını nasıl etkileyeceğini belirlemek, yapı güvenliği ile ilgili alınacak tedbirler ile ilgili olarak hayati önem taşır.

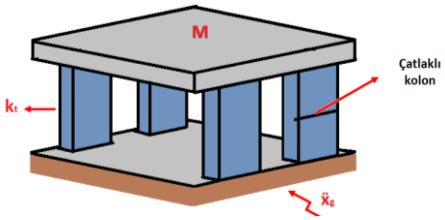
Araştırmacılar çatlak içeren kiriş, çubuk ve kabuklar ile ilgili olarak birçok çalışma yapmışlardır (Salawu, 1997; Dimarogonas, 1996; Wauer, 1990; Gasch, 1993; Krawczuk, 1996; Jassim, 2013; Haskul & Kisa, 2021a, 2021b). Literatürde çatlak ile ilgili yapılan çalışmalarda, uzay çerçeve yapısı (Moon & Choi, 2000), enine bir çatlak içeren farklı çok kirişli sistemler (Saavedra & Cuitino, 2001), plaka yapıları gibi 2 boyutlu yapılar (Choi, 2003), çift çatlaklı basit mesnetli kiriş (Yoon & ark., 2007), bir kolon (Ranjbaran & ark., 2008), tek çatlak içeren değişken kesitli kirişler (Haskul & Kisa, 2021a, 2021b; Boscolo & Banerjee, 2011), basit mesnetli dikdörtgen plaka (Ramu & Mohanty, 2012), hareketli nokta yüklerine maruz kalan çerçeve (Mehmood, 2015) kenar çatlaklı, düzgün olmayan simetrik kiriş (Shabani & Cunedioglu, 2020), çok sayıda sabit elemana sahip eksenel yüklü değişken kesitli Euler-Bernoulli kirişi (Du & ark., 2021) için titreşim analizi yapılmış ve dinamik davranışlar incelenmiştir.

Bu çalışmada deprem uyarımı altındaki tek serbestlik dereceli bir bina modeli incelenmiştir. Binanın kolonlarında çatlak olması durumunda, toplam rijitlik miktarının değişimine bağlı olarak, nasıl tepki vereceği araştırılmıştır. Uygulanan çatlak, daima açık olduğu varsayılan ve x - y simetri düzlemindeki düzgün kesitli bir Euler-Bernoulli kirişinin titreşimleri göz önüne alınarak üretilmiştir.

Modelleme

Yapı üzerinde meydana gelen en tehlikeli etki yanal titreşimlerle meydana getirmektedirler (Aggumus & Cetin, 2018; Aggumus & Guclu, 2020). Bu çalışmada Şekil 1'de görülen bina modelinin yanal titreşimleri incelenmiştir.

[1] Asisstant Proffesor, Department of Mechanical and Metal Technologies, Sirnak University, Sirnak, TÜRKİYE,
[2] Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Sirnak University, Sirnak, TÜRKİYE
[3] Asisstant Proffesor, Department of Mechanical and Metal Technologies, Sirnak University, Sirnak, TÜRKİYE,



Şekil 1. Tek serbestlik dereceli bina modeli

Şekil 1'de 4 adet kolona sahip tek serbestlik dereceli bir bina modeli görülmektedir. İncelenen modele ait hareket denklemi en genel halde aşağıdaki gibi ifade edilir (Aggumus, 2020).

$$M_s\ddot{x}(t) + C_s\dot{x}(t) + K_s x(t) = -M_s\ddot{x}_g \quad (1)$$

Burada M_s, $C_s$ve K_s sırasıyla sistemin kütle, sönüm ve rijitlik değerlerini ifade eder. $\ddot{x}_g$ sistemi tahrik eden ivmedir. Kolona ait rijitlik katsayısı Denklem 2'de verilmiştir.

$$k_t = \frac{12EI}{L^3} \quad (2)$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (3)$$

Denklem 2 ve Denklem 3'ten hareket ile en genel halde k_t, aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$k_t = \frac{Ebh^3}{L^3} \quad (4)$$

Burada, I atalet momenti, E Elastisite modülü, L=0.25m kolonun uzunluğunu, b=0.05m kolonun genişliğini, h=0.003 ise kalınlığını göstermektedir. Sisteme ait eşdeğer rijitlik katsayısı aşağıdaki gibidir.

$$K_s = 4k_t \quad (5)$$

Tek kolona ait k_t=18144 (N/m) ve 4 kolona ait K_s=72576 (N/m)'dir. Bina modelinin kütlesi $M_s = 53.75$ kg ve sönüm değeri $C_s = 16.59$ Ns/m'. Sisteme ait doğal frekans değeri ise 5,848 Hz'dir.

Çatlağın Kolonlara Etkisi

Bu çalışmada çatlağın bina modelinin bütün kolonlarında meydana gelen rijitlik değişimi incelenmiştir. Çatlağın daima açık olduğu kabul edilmiş olup, ve x - y simetri düzlemindeki düzgün kesitli bir Euler-Bernoulli kirişin titreşimleri göz önüne alınmıştır (Kim & ark., 2018). Bu çalışmada incelenen çatlak derinlikleri değerleri 0.0009m, 0.0018m ve 0.0027m'dir. Çatlaklı bir kolonun (k_{tc}) rijitlik değerleri Denklem 6'daki gibi belirlenmiştir.

$$k_{tc} = k_t - k_{tc} \quad (6)$$

Denklem 6'dakiki, sistemin eşdeğer rijitlik katsayısı K_s'nin k_{tc}'ye bağlı olarak hesaplanması aşağıdaki gibidir.

$$K_{sc} = 4k_{tc} \quad (7)$$

Denklem 1'deki K_s yerine K_{sc} yazılmasıyla, bina modeli için çatlaklı parametre içeren denklem aşağıdaki gibi ifade edilir.

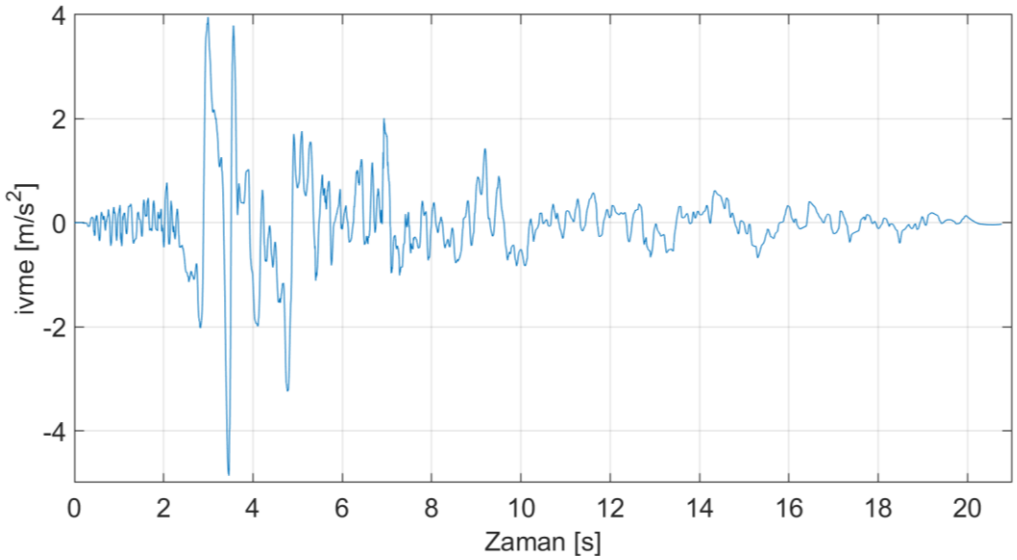
$$M_s\ddot{x}(t) + C_s\dot{x}(t) + K_{sc}x(t) = -M_s\ddot{x}_g \quad (8)$$

K_{sc}'nin çatlak tüm derinliklerine göre aldığı değerler ve buna bağlı olarak hesaplanan doğal frekanslar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çatlak derinliğine göre değişen rijitlik ve doğal frekans değerleri

Çatlak derinliği (m)	Yay parametre (N/m)	Doğal frekans (Hz)
$Ç_1$ (0.0009)	72454.7	5.843
$Ç_2$ (0.0018)	70073.5	5.746
$Ç_3$ (0.0027)	55820.8	5.128

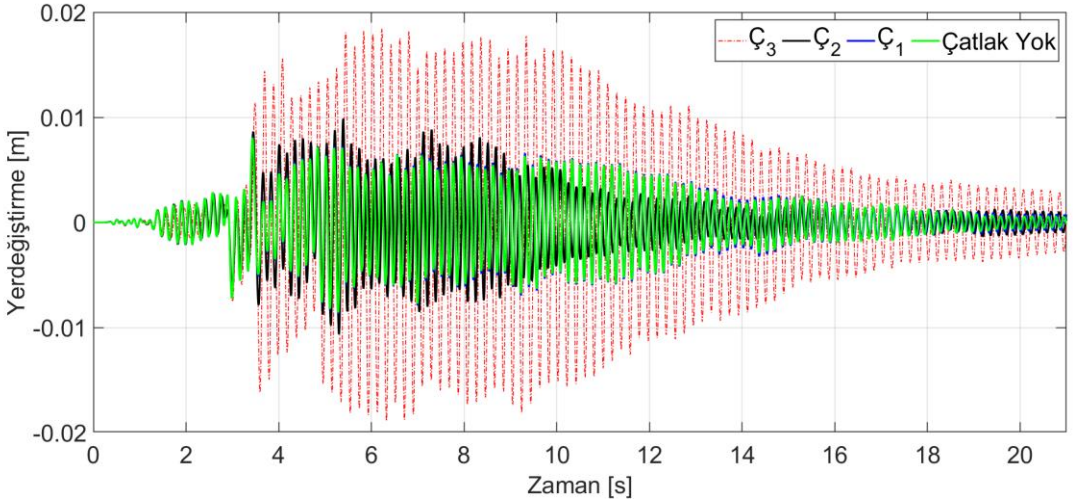
Şekil 2'de ivme zaman cevabı görülen Erzincan depremine ait Doğu-Batı bileşeni ile bina tahrik edilerek simülasyon sonuçlarına ulaşılmıştır.



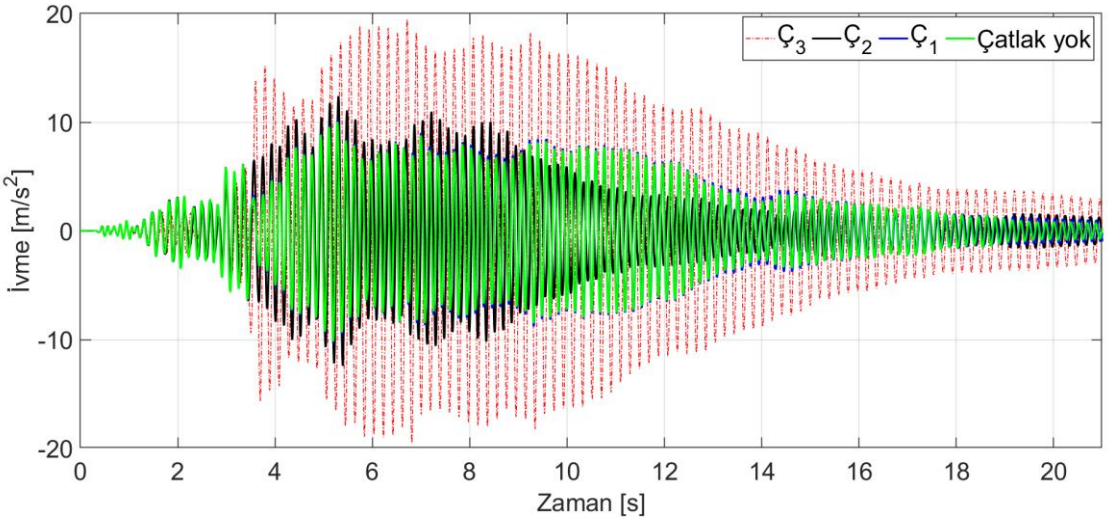
Şekil 2. Erzincan depremi Doğu-Batı bileşeni

Simülasyonlar

Bu çalışmada incelenen, kolonlarında farklı derinliklerde çatlak bulunan çelik konstrüksiyon bina modeli Şekil 2'de görülen Erzincan depremi ile tahrik edilerek simülasyon sonuçlarına ulaşılmıştır. Çatlak derinlikleri 0.0009m, 0.0018m ve 0.0027m olarak elde edilmiştir. Tablo 1'den de görüleceği üzere $Ç_1$, $Ç_2$ ve $Ç_3$ sırasıyla artan çatlak derinliklerini göstermektedir. Şekil 3 ve Şekil 4'te kolonlarda herhangi bir çatlağın olmadığı durum ile çatlaklı kolonların olduğu durumlara ait yer değiştirme ve ivme cevapları görülmektedir. Kolonlardaki çatlak derinliğine bağlı olarak bina modelinin eşdeğer rijitlik katsayısının azalmasıyla hem yer değiştirme hem de ivme cevaplarında bir artış görülmüştür. Çatlak oluşumu bina modelinin cevaplarını arttırarak olumsuz bir sonuç ortaya çıkarmıştır.

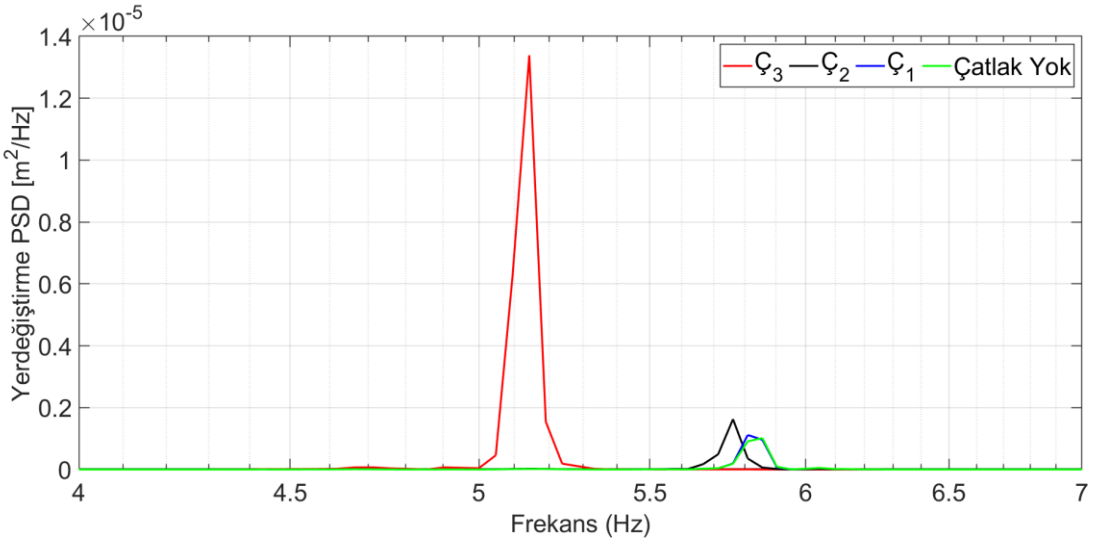


Şekil 3. Çatlak oranına göre sistemin yerdeğiştirme cevapları

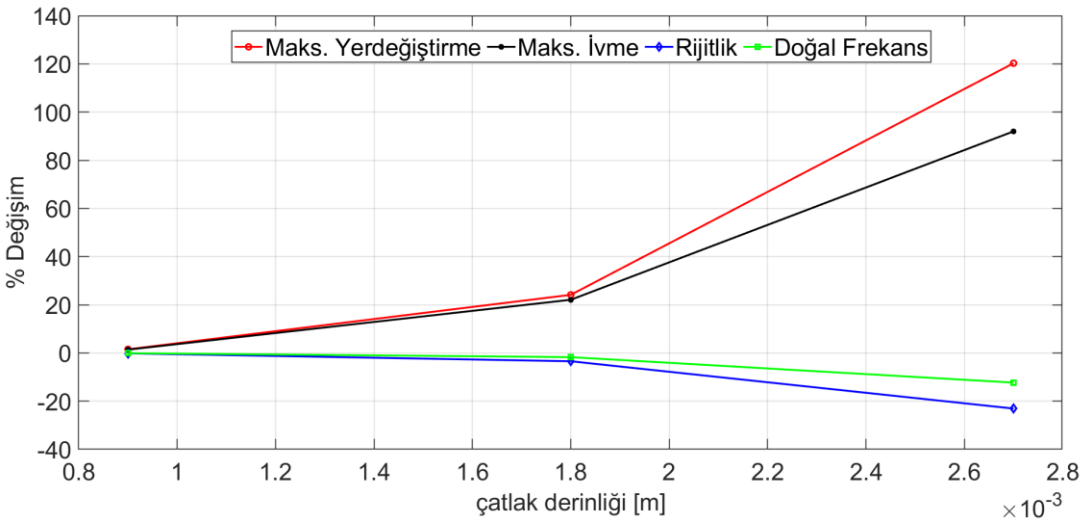


Şekil 4. Çatlak oranına göre sistemin ivme cevapları

Şekil 5'te frekans binanın tüm durumları için frekans cevabı analizinde kullanılan PSD (Spektral Güç Yoğunluğu) analizi yapılmıştır. Eğrilerden de açıkça görüldüğü gibi çatlak derinliği arttıkça PSD cevaplarında bir artış söz konusudur. Bu sonuç ise bina için istenmeyen bir durumdur. Şekil 6'da çatlak derinliğine bağlı olarak sistemin eşdeğer rijitliği, doğal frekansı ve maksimum zaman cevapları görülmektedir. Rijitlik parametresinin azalmasına bağlı olarak doğal frekansın da azalmasına karşın sistemin maksimum yer değiştirme ve maksimum ivme cevaplarının arttığı görülmüştür.



Şekil 4. Çatlak oranlarına göre sistemin spektral güç yoğunlukları



Şekil 5. Çatlak derinliklerine göre sistemin parametreleri ile maksimum cevaplarındaki % değişim.

Sonuçlar

Bu çalışmada deprem etkisindeki tek serbestlik dereceli çelik konstrüksiyon bir binanın kolonlarındaki meydana gelen çatlağın, zaman ve frekans alanında nasıl bir etki meydana getirdiği araştırılmıştır. Çatlağın daima açık olduğu kabul edilmiş olup, ve x - y simetri düzlemindeki düzgün kesitli bir Euler-Bernoulli kirişin titreşimleri göz önüne alınmıştır. Çatlağın sistem üzerindeki etkisi, eşdeğer rijitlik değerindeki değişim olarak değerlendirilmiştir. Farklı çatlak derinliklerinde incelenen sistem Erzincan depremi ile tahrik edilerek sonuçlara ulaşılmıştır. Sistemin zaman cevaplarından da görüldüğü rijitlik parametresinin düştüğü zaman cevaplarının ise arttığı görülmüştür. Frekans analizlerinde ise zaman cevaplarında olduğu gibi çatlak derinliğinin artması PSD değerlerinin artmasına neden olmuştur. İncelenen binanın kolonlarındaki çatlağın varlığı, deprem etkisindeki binanın cevaplarını arttırarak olumsuz sonuçlara neden olmuştur.

KAYNAKÇA

Aggumus, H. & Cetin, S. (2018). Experimental investigation of semiactive robust control for structures with magnetorheological dampers, *Journal of Low Frequency Noise, Vibration & Active Control*. 37 (2).

Aggumus, H. & Guclu, R. (2020). Robust H∞ control of STMDs used in structural systems by hardware in the loop simulation method, *In Actuators Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. 9(3), 55.

Aggumus, H. (2020). Performance Analysis of Semi Active Tuned Mass Dampers with Hardware in the Loop Simulation Method, Yıldız Teknik Universitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Istanbul.

Boscolo, M. & Banerjee, J. R. (2011). Dynamic stiffness method for exact inplane free vibration analysis of plates and plate assemblies. *Journal of Sound and Vibration*, *330*(12), 2928-2936.

Choi, M. S. (2003). Free vibration analysis of plate structures using finite element-transfer stiffness coefficient method. *KSME International Journal*, *17*(6), 805-815.

Dimarogonas A.D. (1996). Vibration of cracked structures: A state of the art review. *Eng Fract Mech*. 55, 51–59.

Du, Y. Cheng, P. & Zhou, F. (2021). Free vibration analysis of axial-loaded beams with variable cross sections and multiple concentrated elements. *Journal of Vibration and Control*, 10775463211012878.

Gasch R. A. (1993). Survey of the dynamic behavior of a simple rotating shaft with a transverse crack. *J. Sound Vib*. 160(2), 313–332.

Haskul, M. & Kisa, M. (2021a). Free vibration of the double tapered cracked beam. *Inverse Problems in Science and Engineering*, 29(11), 1537-1564.

Haskul, M. & Kisa, M. (2021b). Free-vibration analysis of cracked beam with constant width and linearly varying thickness. *Emerging Materials Research*, 40(XXXX), 1-13.

Jassim, Z. A., Ali, N. N., Mustapha, F. & et al. (2013). A review on the vibration analysis for a damage occurrence of a cantilever beam. *Eng Fail Anal*. 31, 442–461.

Kim, K., Kim, S., Sok, K., Pak, C. & Han, K. (2018). A modeling method for vibration analysis of cracked beam with arbitrary boundary condition. *Journal of Ocean Engineering and Science*, *3*(4), 367-381.

Krawczuk, M. & Ostachowicz, W. (1996). Damage indicators for diagnostic of fatigue cracks in structures by vibration measurements–a survey. *J.Theor App Mech-Pol*. 34(2), 307–326.

Koohestani, K. & Kaveh, A. (2010). Efficient buckling and free vibration analysis of cyclically repeated space truss structures. *Finite Elements in Analysis and Design*, *46*(10), 943-948.

Mehmood, A. (2015). Using finite element method vibration analysis of frame structure subjected to moving loads. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, *4*(1), 50-65.

Moon, D. H. & Choi, M. S. (2000). Vibration analysis for frame structures using transfer of dynamic stiffness coefficient. *Journal of Sound and Vibration*, *234*(5), 725-736.

Ramu, I. & Mohanty, S. C. (2012). Study on free vibration analysis of rectangular plate structures using finite element method. *Procedia engineering*, *38*, 2758-2766.

Ranjbaran, A., Hashemi, S. & Ghafarian, A. (2008). A new approach for buckling and vibration analysis of cracked column. *IJE Transactions A: Basics.* 21(3), 225-230.

Saavedra, P. N. & Cuitino, L. A. (2001). Crack detection and vibration behavior of cracked beams. *Computers & Structures*, *79*(16), 1451-1459.

Salawu, O. S. (1997). Detection of structural damage through changes in frequency: a review. Engineering structures, 19(9), 718-723.

Shabani, S. & Cunedioglu, Y. (2020). Free vibration analysis of cracked functionally graded non-uniform beams. *Materials Research Express*, *7*(1), 015707.

Wauer, J. (1990). On the dynamics of cracked rotors: A literature survey. *Appl Mech Rev.* 43(1):13–17.

Yoon, H. I., Son, I. S. & Ahn, S. J. (2007). Free vibration analysis of Euler-Bernoulli beam with double cracks. *Journal of mechanical science and technology*, *21*(3), 476-485.

Uçak Tiplerinin Tespiti ve Sınıflandırılmasında Derin Öğrenme Yaklaşımı

Muammer AKÇAY[1]
Tolgahan Çobanoğlu[2]

Giriş

Yapay Zekâ; insan beyni gibi makinelerin karmaşık sorunları nasıl çözdüğünü, yorumladığını, yargıladığını ve akıl yürüttüğünü inceleyen bilim dalıdır. Derin öğrenmenin ortaya çıkış nedeni olarak büyük miktarda veriyi işleyen ve hızlı sonuca ulaşan yüksek performanslı sistemler gösterilebilir. Geleneksel makine öğrenimi tekniklerinden farklı olarak derin öğrenme, büyük miktarda veriyi işlemek için daha fazla deneyim kullanır ve daha yüksek performans sunar (Eker ve Duru, 2021). Derin öğrenme teknolojisi, görüntü sınıflandırma, nesne izleme ve tanıma, doğal dil işleme gibi alanlardaki başarısı nedeniyle günümüzde oldukça popülerdir. Evrişimli sinir ağlarını kullanan derin öğrenmenin popülaritesi oldukça yüksektir. Bunun nedeni, uygun bir öğrenme sürecini gerçekleştirmek için büyük bir veri seti ve güçlü grafiksel manipülasyon kullanmasıdır (Ponti, Ribeiro, Nazare, Bui ve Collomosse, 2017). Büyük veri kümeleri ve onları eğitmek için güçlü kaynaklar gerektiren derin öğrenme teknikleri ile elde edilen güvenilir sonuçlar, onları veri biliminin en popüler alanlarından biri haline getirmiş ve robotik, endüstri, uzay teknolojisi, savunma sanayi, tıp ve birçok alanda kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda bilgisayarlı görü alanında derin öğrenme teknolojilerinin kullanılması hareketli nesnelerin tespiti, tanınması ve sınıflandırılması işlemlerinde önemli başarılar elde edilmiştir (Pathak, Pandey ve Rautaray, 2018).

Derin öğrenme ile nesne algılama kavramı, ilk olarak 2012 yılında düzenlenen ImageNet Büyük Ölçekli Görüntü Tanıma Yarışması (ILSVRC) sırasında tanıtılan evrişimli sinir ağları ile dikkatleri üzerine çekti. (Kaya, Tuncer ve Baran, 2020). Derin öğrenme algoritmaları arasında evrişimli sinir ağı (CNN), nesne algılama ve sınıflandırma uygulamaları için en çok tercih edilen modeldir. (Angelova, Krizhevsky ve Vanhoucke, 2015; Hinton, 2012). Evrişimli Sinir Ağları ile görüntü ayırma, nesne sınıflandırma gibi görüntü işleme problemleri oldukça başarılı ve güvenilir sonuçlarla çözülebilmektedir.

Bu çalışmada, uydu görüntülerinden alınan görüntüleri inceleyerek uçak tiplerini hızlı ve doğru bir şekilde sınıflandırmak için derin öğrenme ile geliştirilmiş bilgisayar destekli bir yazılım tasarlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için, tensorflow ve uydu görüntülerinden elde edilen veri seti, geliştirilen evrişimli sinir ağı modeli analiz edilmiştir.

Transfer Öğrenme

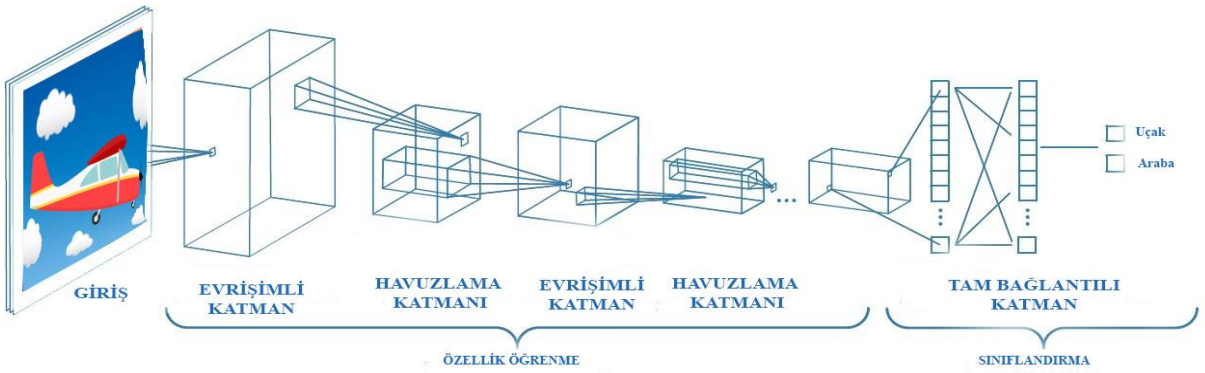
Evrişimsel sinir ağlarında yüksek performans ve eğitimin verimini artırmak üzere büyük boyutlu veri setleri kullanılmakta ve bu durum da eğitim sürelerinin uzamasına neden olabilmektedir. Yaygın makine öğrenimi algoritmaları, geleneksel olarak izole edilmiş görevleri ele alır. Transfer öğrenimi, bir veya daha fazla kaynak görevde öğrenilen bilgiyi transfer etmek için yöntemler geliştirerek bunu değiştirmeye çalışır ve bunu ilgili bir hedef görevde öğrenmeyi

[1] Dr. Öğretim Üyesi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi,
[2] , Kütahya Dumlupınar Üniversitesi,

geliştirmek için kullanır. Transfer öğrenimindeki bazı çalışmalar tümevarımsal öğrenme bağlamındadır ve sinir ağları, Bayes ağları ve Markov Mantık Ağları gibi iyi bilinen sınıflandırma ve çıkarım algoritmalarının genişletilmesini içerir. Diğer bir önemli alan ise pekiştirmeli öğrenme bağlamındadır ve Q-öğrenme ve politika arama gibi algoritmaların genişletilmesini kapsamaktadır. Transfer öğreniminin amacı, kaynak görevdeki bilgiden yararlanarak hedef görevdeki öğrenmeyi geliştirmektir. Transferin öğrenmeyi iyileştirebileceği üç ortak önlem vardır.

Evrişimsel Sinir Ağları (CNN)

CNN görseller üzerinde görüntü işlemede işlemleri için kullanılan derin öğrenme algoritmasıdır. Evrişimli sinir ağları insanların görme merkezindeki hücreler ile benzer şekilde nesnelerin kenar ve diğer özelliklerine yoğunlaşarak tespiti için kullanılan çok katmanlı bir yapay sinir ağı türüdür. (Fukushima, 1980; Lecun, Eon Bottou, Bengio ve Abstract|, 1998). Şekil 1'de görüldüğü üzere Evrişimsel sinir ağları, farklı yöntemler ile görsel üzerindeki özellikleri yakalayan ve onları sınıflandıran; evrişim katmanı, havuzlama katmanı ve tam bağlı katmanlardan oluşmaktadır (Sarkar, Bali ve Sharma, 2018). Evrişimli katman, havuzlama ve tam bağlı katmanlardan geçen görsel, özellik öğrenme ve sınıflandırma gibi işlemlere tabii tutularak tespit edilir.



Şekil 1:*Evrişimli sinir ağı yapısı (Zhang ve diğerleri, 2021)*

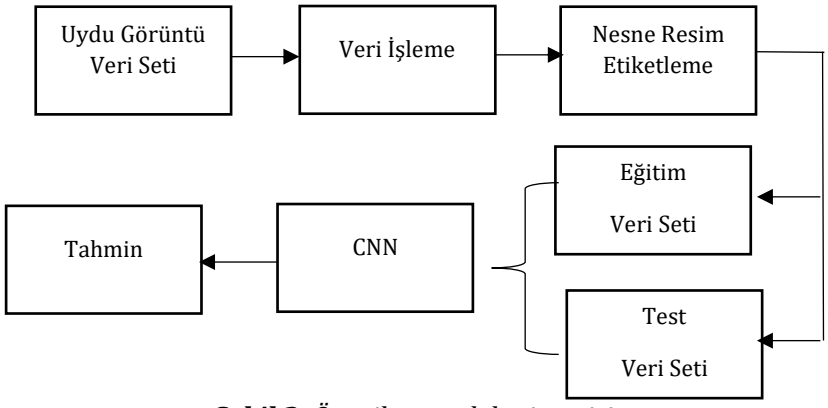
Uydu Görüntüleri Kullanılarak Nesne Tanıma ve Sınıflandırma

Uydu görüntüleme, uzaktan gözetleme, çevresel izleme, hava araştırması gibi birçok uygulamada önem kazanmaktadır. Tüm bu uygulamalar, uydu görüntülerinden nesneleri, ilgilenilen olayları, tesisleri gibi aramaları içermektedir. Çoğu uygulamada, nesnelerin el ile (manuel) algılanması ve sınıflandırılması, özellikle büyük hacimli veriler ve toplu olarak işlenecek uydu görüntülerinin sayısı ile çok zor hale gelir. Görüntülerdeki nesnelerin tespiti ve sınıflandırılması, görüntü işleme alanında uzun süredir çalışılan bir konu olmasına rağmen, uydu (hava) görüntülerinde algılama, nesnelerin küçük olması ve görsel özelliklerinin izlenmesi ve yakalanmasının son derece zor olması nedeniyle daha zordur. Bu amaçla, algılama ve sınıflandırma için çeşitli otomatik teknikler önerilmiş ve çalışmalar devam etmektedir. Uydu görüntülerinde nesne algılama ve sınıflandırma için klasik makine öğrenmesinden (Machine Learning, ML) mevcut derin öğrenmeye kadar birçok çözüm önerilmiştir. Bu yöntemlerden algılama ve sınıflandırma için makine öğrenmesi yöntemleri son birkaç on yılda en çok araştırılan yöntemler olmuştur.

Bu yöntemler, görüntülerden çeşitli özniteliklerin çıkarılmasını ve bunların ML sınıflandırıcıları kullanılarak sınıflandırılmasını içerir. Otomatik Nesne algılama, nesnenin boyutundaki, yönelimdeki ve hedef nesnenin arka planındaki farklılıklar nedeniyle hala zordur. HOG, Gabor, Hough dönüşümü, dalgacık katsayıları gibi özelliklerin elle (manuel) seçimini içeren geleneksel makine öğrenimi sınıflandırıcıları, otomatik nesne algılama alanında başarılı sonuçlar vermemektedir. Bu nedenle, derin öğrenme, CNN kullanarak tespit ve sınıflandırma hedefine

ulaşmada umut verici sonuçlar alınmıştır. Son zamanlarda yüksek doğrulukta nesne tespiti için önerilen derin öğrenme sınıflandırma yöntemleri, öznitelikleri elle (manuel) olarak seçmek yerine görüntülerden otomatik olarak öznitelikleri öğrenebilmektedir. Uydu görüntülerindeki nesnelerin tespiti ve sınıflandırılması için evrişimli sinir ağı (CNN) tabanlı birçok derin öğrenme modeli önerilmiştir. Bu modeller iki adım içerir. İlk adımda, görüntüdeki nesnenin bulunduğu bölgeler tespit edilir. İkinci adımda, nesneler evrişimli sinir ağı kullanılarak sınıflandırılır. Bu çalışmada, uydu görüntülerindeki nesneleri algılamak ve sınıflandırmak için özelleştirilmiş bir evrişimli sinir ağı önerilmiştir. Model, uydu görüntülerinde uçak görüntülerinden oluşan veri seti üzerinde uçakları sınıflandırmak üzere eğitilmiştir. Önerilen derin öğrenme modelinin mimarisi Şekil 2'de verilmiştir.

- Görüntü Toplama ve veri işleme
- Verilerin hazırlanması ve ön işleme
- CNN tasarımı ve eğitimi
- CNN doğrulaması ve sonuçların analizi



Şekil 2. *Önerilen model mimarisi*

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada uydu görüntülerinden alınan uçak görüntülerinden kullanılan veri setinde tespit edilen görüntünün hangi uçak tipine ait olduğu %95,78 doğruluk oranı ile tahmin edilmiştir. 593 adet uydu görüntüsünden oluşan veri setinin kullanıldığı bu çalışma önerilen modelde VGG16 modeli kullanılarak transfer öğrenme yöntemi ile çok büyük veri seti kullanılmadan yüksek performansta eğitim gerçekleştirilebilmesi sağlanmıştır. Literatür incelendiğinde CNN kullanılarak uydu görüntülerinden benzer nesnelerin tespit ve sınıflandırmasına ilişkin pek çok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Ancak bu çalışma ile birbirinin benzeri ya da türevi olmayan nesnelerin tespit ve ayırt edilmesi sağlanmıştır. Böylece uydu görüntüleri kullanılarak da askeri ve sivil pek çok alanda uydu görüntüleri kullanılarak nesne tespit ve sınıflandırılması yapılabilecek ve ülkelerin stratejik pek çok veriye erişimi kolaylaşabilecektir.

KAYNAKÇA

Angelova, A., Krizhevsky, A. ve Vanhoucke, V. (2015). Pedestrian Detection With a Large-Field-Of-View Deep Network. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, *2015-June*(June), 704–711. doi:10.1109/ICRA.2015.7139256

Eker, A. ve Duru, N. (2021). Medikal Görüntü İşlemede Derin Öğrenme Uygulamaları. *Acta Infologica*, *5*(2), 0–0. doi:10.26650/acin.927561

Fukushima, K. (1980). Neocognitron: A Self-Organizing Neural Network Model for A Mechanism of Pattern Recognition Unaffected by Shift in Position. *Biological Cybernetics*, *36*(4), 193–202. doi:10.1007/BF00344251

Hinton, G. E. (2012). A Practical Guide to Training Restricted Boltzmann Machines. *Lecture Notes in Computer Science*, *7700*, 599–619. doi:10.1007/978-3-642-35289-8_32

Kaya, V., Tuncer, S. ve Baran, A. (2020). Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak Nesne Tanıma. *International Science and Technology Conference* içinde . http://earsiv.ebyu.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12432/4092 adresinden erişildi.

Lecun, Y., Eon Bottou, L., Bengio, Y. ve Abstract|, P. H. (1998). Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition. *Proceedings of the IEEE*, *86*(11), 2278–2323.

Pathak, A. R., Pandey, M. ve Rautaray, S. (2018). Application of Deep Learning for Object Detection. *Procedia Computer Science* içinde (C. 132, ss. 1706–1717). Elsevier. doi:10.1016/j.procs.2018.05.144

Ponti, M., Ribeiro, L., Nazare, T., Bui, T. ve Collomosse, J. (2017). Everything You Wanted to Know About Deep Learning for Computer Vision but Were Afraid to Ask. *30th SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images Tutorials SIBGRAPI-T* içinde (ss. 17–41). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi:10.1109/SIBGRAPI-T.2017.12

Sarkar, D., Bali, R. ve Sharma, T. (2018). Deep Learning for Computer Vision. *Practical Machine Learning with Python* içinde (ss. 499–520). doi:10.1007/978-1-4842-3207-1_12

Zhang, Q., Bai, C., Chen, Z., Li, P., Yu, H., Wang, S. ve Gao, H. (2021). Deep Learning Models For Diagnosing Spleen and Stomach Diseases In Smart Chinese Medicine With Cloud Computing. *Concurrency and Computation: Practice and Experience* içinde (C. 33, s. 1). John Wiley and Sons Ltd. doi:10.1002/cpe.5252

Sürtünme Kaynağı Yöntemi İle Çeşitli Kaynak Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Hamid ZAMANLOU[1]
Filiz KARABUDAK[2]
Onur Kazım ATEŞ[3]

Giriş

Farklı metallerin kaynağının incelenmesi, birçok endüstriyel alanda artan uygulamaları nedeniyle önemli bir konudur. Benzer olmayan metallerin kaynağı, büyük artık gerilim ve kırılgan intermetalik bileşiklerin oluşumu nedeniyle zordur. Bu sorunu çözmek için, difüzyon bağlama, lazer kaynağı, elektron ışını kaynağı ve diğer kaynak teknikleri gibi birçok kaynak tekniğinde kırılgan intermetalik reaksiyon katmanlarının oluşumunu ortadan kaldırmak veya engellemek için ara ara katmanlar kullanılmıştır. Başlıca kaynak yöntemleri ikiye ayrılır bunlar ergitme kaynağı ve basınç kaynağıdır (Fang & ark., 2019). Modern dünyada, ağırlığın azalması tasarımda son derece önemlidir ve bu da sistemin genel verimliliğini artırır. Daha düşük yoğunluklu malzemeyle ikame edilerek sistemin verimliliğini artırmaya yönelik girişimlerde bulunulur. Malzemenin birleştirilmesi, dikkate alınması gereken en önemli özelliktir. Birleştirme için geçici ve kalıcı tutturma yöntemleri vardır, ancak güçlü bağlantı gerekliliği nedeniyle kalıcı tutturma teknolojisine ihtiyaç vardır. Her yöntemin kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır, uygulama gereksinimlerine göre kaynak yöntemlerinin seçimi yapılır. Sürtünme karıştırma kaynağı diğer kaynak tekniklerine göre daha az kristal hatası ile daha iyi malzeme özelliği göstermektedir. Bu işlem, yüksek mukavemet ve iyi kaynak bağlantıları sağlayarak kristal kusurlarını azaltan yarı katı hal alır (Kurbet, Karthikareddy & Monica, 2021).

Metallerin bağlantıları, endüstride en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Hem ekonomik açıdan ulaşılabilir en güvenlik standartlarına uygun ürünlere üretimin her alanında gereksinim vardır (Uzun, Eski & Çelik, 2017). Bugün yirmiden fazla kaynak türü vardır. Oksigaz kaynağından lazer ışını kaynağı gibi yüksek teknolojili işlemlere kadar uzanırlar. Çeşitli kaynak yöntemlerinin çalışma mekanizmaları aşağıda açıklanmıştır.

Sürtünme Kaynağı

Sürtünme kaynağı işlemi ilk patentini ABD'de on dokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru almıştır. 1920'den 1944'e kadar Avrupa'da ve 1956'da SSCB'de daha fazla patentli çalışma yürütülmüştür. modern sürtünme kaynağı 1960'ların başında ABD'de gelişme kaydetmiştir. Endüstriyel kullanımı ise yaklaşık olarak 1958'de başladı ve o zamandan beri önemli miktarda ar-ge çalışması gerçekleştirildi. İlk olarak otomotiv ve havacılık endüstrilerindeki uygulamalar için döner sürtünme kaynağı işlemi üzerinde çalışılmıştır. Dönme hareketiyle ilgili belirli sorunları ortadan kaldırmak için, örneğin parçalardan en az birinin dönmesi gerekir.

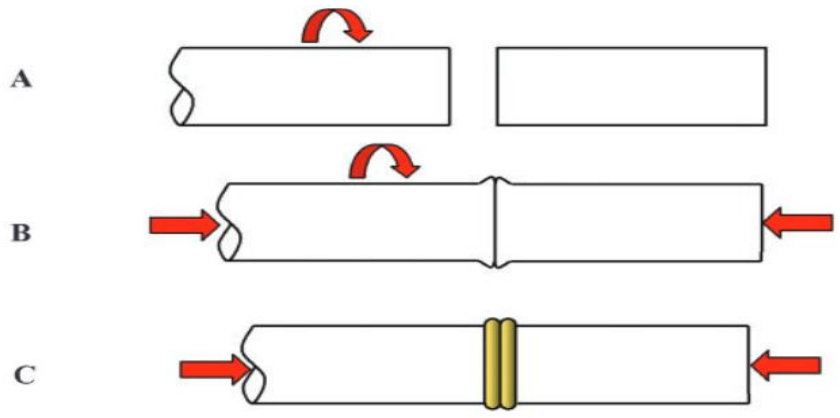
[1]Dr. Makina Yüksek Mühendisi, Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü,
[2]Dr Öğr. Üyesi, Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
[3]Yüksek Lisans Öğrencisi, Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,

Sürtünme kaynağı genellikle, örn. uçak ve havacılık bileşenlerinde, kesme aletlerinde, tarım makinelerinde, otomotiv parçalarında, petrol sahası parçalarında, atık bidonlarında, askeri teçhizatta, iş mili boşluklarında ve bimetalik malzemelerde olduğu gibi çok sayıda uygulama alanına sahiptir En eski ve en yaygın çeşidi, en çok yayınlanmış araştırmalara sahip döner sürtünme kaynağıdır. Orbital sürtünme kaynağı, yüksek kaliteli kaynaklar üreten bir sonraki varyanttır; ancak, şaşırtıcı bir şekilde, literatürde çok az bilgi mevcuttur. Sürtünme kaynağının en yeni çeşidi, özellikle dikdörtgen kesitlerin birleştirilmesi olmak üzere birçok endüstriyel uygulama bulan LFW'dir. (Maalekian, 2007).

Sürtünme kaynağı yöntemi bir katı hal kaynak yöntemidir (Çetkin, 2020). Bu yöntem metallerin birbirine uymaması, erime noktalarındaki değişiklikler, sıcaklık uyumsuzlukları gibi sorunlar olmadan kaynak yapabilmeyi sağlar (Uzun, Eski & Çelik, 2017). Sürtünme kaynağı yönteminde geometrik olarak birbirlerine uyumlu iki ayrı parçanın sürtünmesi ile ortaya çıkan ısı enerjisinin ve basıncın yardımıyla bu iki parçanın alaşımı sağlanır. Gereken ısı ortaya çıkana kadar sürtünme işlemine devam edilir, bu süreçte basınç da kademeli olarak artırılır ve ısınmış parçalar termo-mekaniksel bir işlemden geçmiş olurlar ve ortaya yeni bir alaşım çıkmış olur (Çetkin, 2020). Ortaya yeni çıkan bu alaşım homojen bir hal alır ve yüksek kaynak kalitesine sahip bağlantılar üretilebilir. Devir sayısı, sürtünme sırasında kullanılan basınç ve süre edilen yeni bağlantıların kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir (Uzun, Eski & Çelik, 2017).

Şekil 1'de döner sürtünme kaynağının temel prensibi görünmektedir. Sürekli tahrik işleminde bileşenlerden biri sabit tutulurken diğeri sabit bir hızda döndürülür. Daha sonra iki bileşenin birbirine sürtünmesini sağlamak için sürtünme kuvveti uygulanır. Önceden belirlenmiş bir kaynak süresine veya eksenel kısalma miktarına ulaşıldığında, sürücü devre dışı bırakılır ve dönen bileşeni durdurmak için fren uygulanır. Eksenel kuvvet, kaynak soğuyana kadar korunur veya artırılır.

Atalet sürecinde, iş parçalarından biri sabit tutulurken diğeri bir volana takılır. Volan düzeneği belirli bir hıza kadar döndürülür ve bu şekilde önceden belirlenmiş miktarda enerji depolanır. Ardından volan düzeneğine giden tahrik devreden çıkarılır ve iki bileşenin birbirine sürtünmesine neden olan eksenel bir kuvvet uygulanır. Volanda depolanan enerji, sürtünme arayüzünde ısı üretmek için kullanılır. Sürtünme ilerledikçe dönme hızı, dönen bileşen durana kadar azalır. Eksenel kuvvet, kaynak birleştirilene kadar korunur. Bu süreçte, kaynak çevrimi boyunca dönme hızı sürekli değişmektedir (Maalekian, 2007).

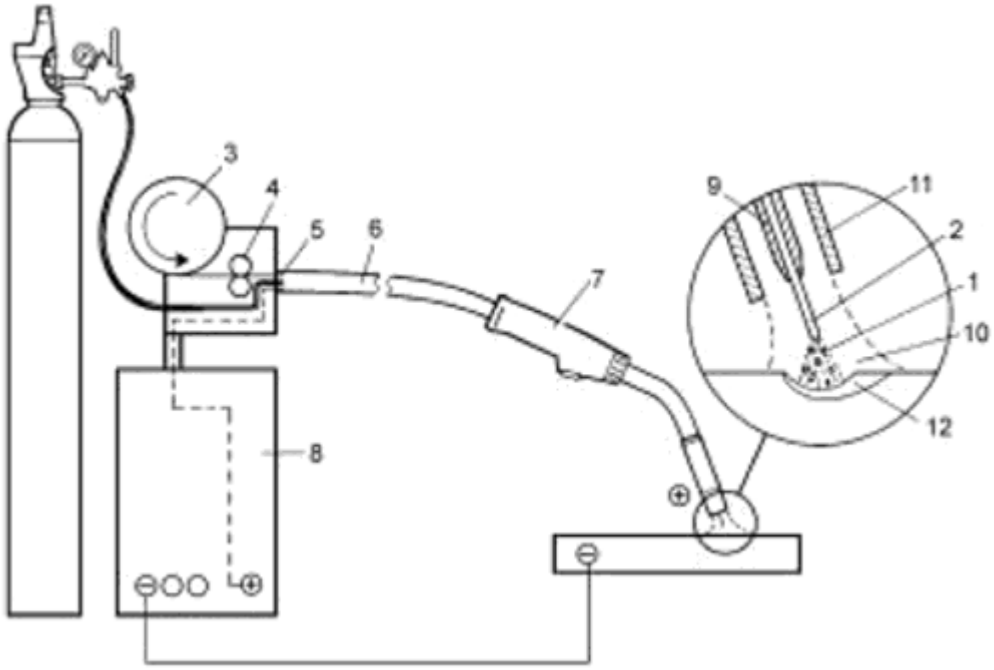


Şekil 1. Döner sürtünmeli kaynak işlemindeki temel adımlar (Maalekian , 2007)

A: numunelerden biri dönerken diğeri sabittir; B: Eksenel kuvvet uygulandığında iki numune bir araya getirilir ve aşınma yüzeylerinin sürtünmesi numuneyi lokal olarak ısıtır ve yıpratma başlar; C: bir numunenin dönüşü durduğunda ve yığılma durduğunda işlem tamamlanmıştır

MAG ve MIG Kaynağı

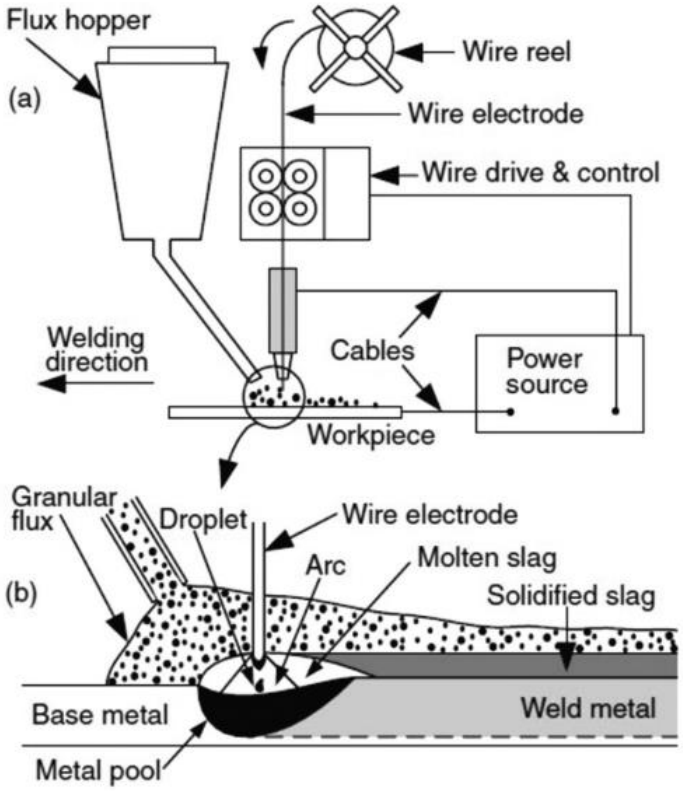
MIG (Metal Inert Gas) Kaynağı, malzemeleri tel elektrot ile karbondioksit ve argon karışımı koruyucu gaz atmosferinde yapılan bir gaz ark kaynağı yöntemidir. MIG ve MAG kaynağının en önemli farkı kaynağı koruyan gazın birbirinden değişik olmasıdır. MAG, kaynağında karbondioksit kullanılırken, MIG kaynağında ise argon ve karbondioksit karşımı olan gaz kullanılır. MAG kaynağı yaygın olarak çelik malzemelerin birleştirilmesinde kullanım göstermektedir (Yürük, Bozkurt & Kahraman, 2017).



Şekil 2. Şematik diyagram MIG Welding sunumu; 1.Elektrik arkı, 2. Elektrot, 3.Makara veya tambur, 4. Tahrik makaraları, 5. Esnek boru, 6. Hortum paketi, 7. Kaynak tabancası, 8. Güç kaynağı, 9. Kontak ucu, 10. Koruyucu gaz, 11. Koruyucu gaz memesi, 12. Kaynak havuzu (Weman & Lindén, 2006)

Toz Altı Kaynağı

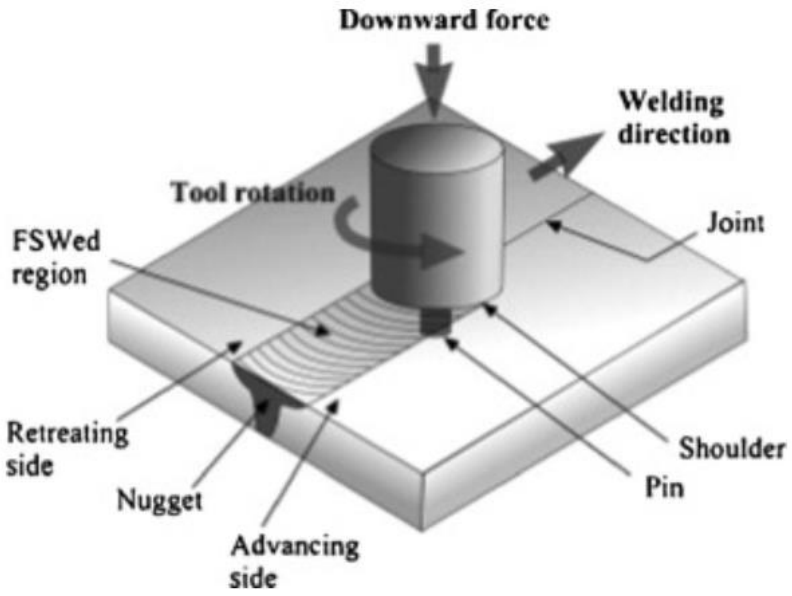
Tozaltı ark kaynağı (SAW), daha güvenilir olması, işlerde derin nüfuziyet sağlaması ve nesneler üzerinde pürüzsüz bir yüzey oluşturması ve yüksek üretkenlikle sonuçlanması nedeniyle imalat sanayilerinde geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Bu süreçte arkı ve kaynak havuzunu atmosferik kirlenmeden korumak için erimiş granüler akı zarfı kullanılır. Bu koruyucu, hem sıvı metali hem de kaynaşmamış granüler akışı korur. Bu teknik genellikle denizaltı, basınçlı kap üretimi, büyük su boruları, köprü kirişleri ve kolonları vb. Paslanmaz çelik malzemeler kullanarak hafif karbon çeliği yüzey kaplaması uygulayabileceğimiz tozaltı ark kaynağı işlemi ile kaplama da verimli bir şekilde yapılabilir. Sert malzeme daha yumuşak bir alt tabaka üzerine bırakılabilir. Fabrikasyon atölyelerinde toz altı ark kaynağı yine kullanışlıdır. Kaynak akımı, gerilimi, hızı vb. tozaltı kaynak işleminin kaynak kalitesini ve ürünün mukavemetini etkileyen bazı girdi parametreleridir. Kaynak akımı penetrasyon için en büyük öneme sahiptir. Kordon genişliği kaynak akımındaki değişimden fazla etkilenmez fakat akım değeri çok yüksek ise malzemenin yanması söz konusu olabilir. Akım çok düşükse yetersiz penetrasyon sonucu kök kusurları ortaya çıkar. Kaynak gerilimi kaynaktan sorumludur ve penetrasyon derinliğini ve donatı yüksekliğini etkiler. Girdi proses parametrelerine bağlantı tipi ve metal kalınlığı dikkate alınarak karar verilir (Sampaio, Bianchi & Figueiredo, 2012).



Şekil 3. Tozaltı ark kaynağının (a) sistem elemanlarını, (b) kaynak işlemini ve ana metal ile etkileşimini gösteren şematik diyagramı (Choudhary Kumar, & Unune, 2018)

Sürtünme Karıştırma Kaynağı

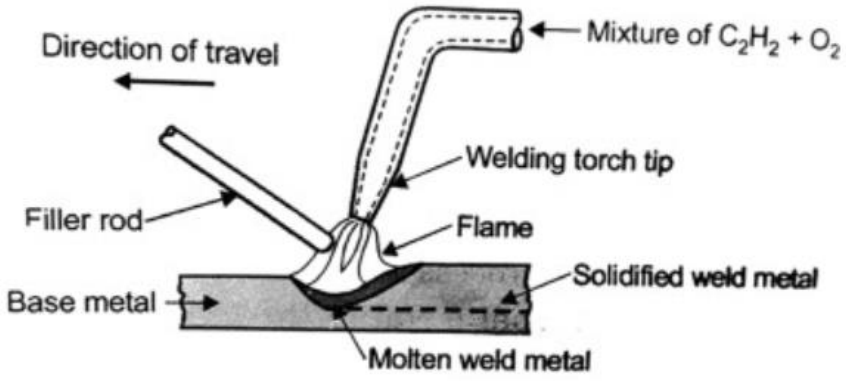
Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı (SKNK) metodu, Sürtünme Karıştırma Kaynağı (SKK) metodundan uyarlanmış ve yakın geçmişte yalnız otomobil sektöründe kalmayıp endüstri alanında da sıklıkla kulanılan bir kaynak yöntemi olmuştur. İki yöntem de aynı mantıkla çalışmaktadır, yalnız uygulama alanları değişiklik göstermektedir. SKNK metodunun SKK metodundan farkı düşey yönden başka hareketliliğinin olmamasıdır. Yöntemin, SKK yönteminde kullanılan kaynak takımına benzeyen bir takımla, dalma, karıştırma ve geri çekilme olarak belirtilen üç aşamadan oluşan kolay ve uygulanabilir olmasıdır. SKNK yönteminde ortaya çıkan kaynağın görseli, otomobil gövdelerinin montajı için genellikle kullanılan direnç nokta kaynağına benzerlik göstermektedir. Çeşitli araştırmacıların araştırmaları, bu metod için takım geometrisinin dışında takım devir sayısı, takım dalma derinliği ve bekleme süresinin bağlantının çekme kuvveti üzerine oldukça etkisi olduğunu göstermiştir (Barik, Narayanan & Sahoo, 2022).



Şekil 2. Schematic drawing of FSW process (Gemme, Verreman Dubourg, & Jahazi, 2010; He, Gu & Ball, 2014)

Oksi Gaz Kaynağı

Kolay alev alan bir gazın oksijen ile tepkimeye girmesiyle ortaya çıkan yüksek enerjinin metali ergiterek birleştirilmesinde genellikle asetilen kullanıldığı için oksi asetilen kaynak olarak adlandırılır. Asetilenin oksijen ile tepkimesinden 3200° C sıcaklığa ulaşılır. Genellikle % 50 – % 50 oranında oksijen – asetilen karışımı ile birleştirme gerçekleştirilir. Yüksek enerji ile gerçekleştirilen kaynak hedeflenen kaynak dikişi boyunca ilerler genellikle metal kaynak teli damlatılarak arzu edilen miktarda dolgu yapılır (Ates & ark., 2014).



Şekil 5. Oksi-Asetilen Gazı ile Kaynak İşlemi (Opeka, Talmy & Zaykoski, 2004; Singh & ark, 2021)

Literatür Araştırması

Bu çalışmamızda sürtünme kaynağı yöntemi ve diğer kaynak yöntemleriyle yapılan çalışmalar incelenerek yapılan çalışmaların bir derlemesi sunulmuştur.

Magnezyum ve alüminyum alaşımları arasındaki benzer olmayan sürtünme karıştırma nokta kaynakları (FSSW), yeniden doldurma sürtünme karıştırma nokta kaynağı adı verilen yeni bir yaklaşım kullanılarak birleştirilir. Mevcut çalışma, yeniden doldurma sürtünme karıştırma nokta

kaynaklı AZ31B ve AA 6061-T6 alaşımlarının makroyapısal ve mekanik özelliklerini iki kombinasyonda, yani aynı Mg-Mg ve farklı Mg-Al birleştirmelerde değerlendirmeyi amaçlamaktadır ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Geleneksel sürtünme karıştırma nokta kaynağında elde edilen sonuçlarla benzer kaynakların sertlik profilleri bir W-şekli görünümüne sahiptir ve her iki yöntemin Termo mekanik olarak etkilenen bölgesi ve ısıdan etkilenen bölgesi, kaynağın geri kalanından daha düşük sertlik değerlerine sahiptir. Alüminyum ve magnezyum levhalar arasındaki arayüzün yanı sıra, ince bir intermetalik bileşik $Al_{12}Mg_{17}$ tabakası sertlik artışına neden olduğu tespit edilmiştir. Hem benzer hem de farklı yeniden doldurma nokta sürtünme kaynaklarının statik kesme mukavemeti, geleneksel nokta sürtünme kaynaklarınınkinden çok daha yüksektir (Sarila & ark., 2022). A5052 alüminyum alaşımı ve SS400 çeliğinin yeni bir pahlı kenara sahip alın birleştirmeleri, metal inert gaz kaynağı ve ER4043 Al-Si dolgu metali ile kaynaklanır. Eklemin mikrosertliği ve mikro yapısı incelenir. Kaynak dikişi ve SS400 çelik sac yüzeyinde intermetalik bir tabaka bulunur. İntermetalik tabakanın sertliği, Vickers sertlik testi kullanılarak incelenir. İntermetalik (IMC) katman bölgesindeki ve IMC katman bölgesi olmayan ortalama sertlik değerleri ER4043 kaynak telininkinden daha yüksekti. Çekme mukavemeti testi, gerilme mukavemeti 225.9MPa olduğunda metaller arası tabakada bir kırılma göstermiştir. Çekme değeri testi, kaynakların ortalamasının A5052 alüminyum alaşımının %85 çekme mukavemetine eşdeğer olduğunu gösterdi. İntermetalik katmanların kalınlığı, 1,95 ila 5 μm aralığında farklı konumlarda üniform değildir. İntermetalik tabaka en aza indirilirse, alın bağlantısının kalitesi daha iyidir. Kaynak dikişinde ortaya çıkan ve bu elementin kaynak işlemi sırasında aktif olarak katıldığını gösteren Si kristalleri de IMC tabakasının oluşumuna katkıda bulunmuştur (Nguyen & Huang, 2015). Karbon çeliğinin Tozaltı ark kaynağında, erimiş akıdan kaynak metaline Titanyum element transferi literatürde belirtildiği gibi küçük miktarlarla sınırlıdır, maksimum 310 ppm. Bu sınırlama, erimiş akı-kaynak havuzu arayüzünde hakim olan yüksek oksijen potansiyelinden kaynaklanmaktadır. Burada sunulan sonuçlar, kaynak metaline Ti transferini %4 Ti'ye yükseltmek ve inklüzyonlar oluşturmak için kaynak metalindeki yüksek oksijen içeriğini 509 ppm'de muhafaza etmek için Ti tozu ile birlikte Al tozunun kullanımını göstermektedir. Bu SAW'da önemlidir, çünkü kaynak havuzundaki daha yüksek Ti'ye ek olarak, iğnemsi ferrit (AF) oluşumunu indüklemek için kaynak metalinde Ti-oksit kapanımları oluşturmak için kaynak havuzunda yüksek ppm O gereklidir. Kaynak metalindeki oksit kapanımları, kaynak metali mukavemetini ve tokluğunu iyileştirmek için iğnemsi ferrit oluşumu için olası çekirdeklenme bölgelerini oluşturur. Sonuçlar, akı-kaynak havuzu arayüzündeki oksijen potansiyelinin, plazma arkından kaynak havuzuna oksijen transferine müdahale etmeden kaynak havuzuna Ti tozu transferini artırmak için Al tozu ilavesiyle azaltılabileceğini doğrulamaktadır. Al ve Ti metal tozu yokluğunda yapılan kaynak testlerinden elde edilen sonuçlar, Tozaltı Ark Kaynağında Ti ve Al metal tozu varlığındaki proses reaksiyonlarını açıklamak için temel durum karşılaştırması olarak kullanılır (Coetsee & De Bruin, 2022).

Bu çalışma, yüksek frekanslı elektrik direnç kaynağı (HF-ERW) işleminin frekans, sıkıştırma kuvveti ve V açısı parametrelerinin API X52 mikroalaşımlı çelik kaynak bağlantısının mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Bu nedenle 8 mm kalınlığında API X52 mikroalaşımlı çelik saclardan 16" çapında boru üretimi sağlanmıştır. HF-ERW yöntemini kullanarak doğrudan kaynak dikişleri ile. Üretim sürecinde 150, 200 ve 250 kHz frekans değerleri, 2, 4 ve 6 işaretlik sıkıştırma kuvvetleri ve 3°, 5° ve 7° Vee açıları benimsenmiştir. Kaynak parametreleri değiştirildikten sonra kaynaklı borulardan, kaynak metali akışını makroskopik olarak değerlendirmek ve bu parametrelerin kaynaklı birleştirmelerin mekanik özelliklerine etkilerini incelemek amacıyla hazırlanan çekme ve Charpy darbe testi numuneleri alınmıştır. Sonuçlara göre, API X52 mikroalaşımlı çeliğin HF ERW ekinde 150 kHz frekansın, 4 işaretlik sıkıştırma kuvvetinin ve 5°lik Vee açısının en iyi mekanik özellikleri verdiği sonucuna varılmıştır (Sabzi & ark., 2018). Ti_2AlNb alaşımı, gelişmiş havacılık uygulamaları için çekici bir malzemedir . Alaşımın kaynaklanması, kaynaklı iş parçasının boyutsal hassasiyetini ve yapısal entegrasyonu etkileyen ciddi bozulmaya yol açabilir. Bu çalışmada, elektron ışını kaynağı ile birleştirilen Ti_2AlNb alaşımının

kaynak şekline kaynak parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Üç boyutlu termal-elastik-plastik sonlu elemanlar yöntemi kaynak distorsiyonunu simüle etmek için geliştirilmiştir. Simülasyon sonuçları, deneysel ölçümlerle çok iyi uyum sağladı. Geliştirilen hesaplama yaklaşımının yeterli doğruluğa sahip olduğunu ve kaynak distorsiyonunu tahmin etmek için kullanılabileceğini gösterdi. Düşük uzunlamasına büzülme kuvveti nedeniyle, iş parçası içbükey-içbükey bir şekle bükülmüştür. Fikstür olmadan kaynak yaparken, plaka üzerinde boncuk birleştirmenin alın kaynağına göre daha az distorsiyonu vardır. Ayrıca, odak akımının kaynak şeklini önemli ölçüde değiştirebildiği, çeşitli enine büzülme dağılımlarına yol açtığı ve sonuç olarak enine eğilme deformasyonunu belirlediği bulundu. Kaynak ısı girişi sabit tutulduğunda, belirli bir negatif odak dışı elektron ışını ile yapılan çivi şeklindeki kaynak minimum açısal bozulmaya sahip olacaktır (Li & ark., 2017). Titanyum alaşımının paslanmaz çeliğe elektron ışını kaynağı deneyleri, Ni, V ve Cu gibi farklı dolgu metalleri ile gerçekleştirilmiştir. Eklemlerin mikro yapıları optik mikroskopi, taramalı elektron mikroskobu ve X-ışını kırınım analizi ile incelenmiştir. Birleştirmelerin mekanik özellikleri, çekme dayanımı ve mikrosertliğe göre değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, dolgu metallerinin elektron ışını kaynaklı titanyum-paslanmaz çelik bağlantıların mikroyapıları ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Sonuçlar, tüm dolgu metallerinin Ti-Fe intermetaliklerini sınırlamaya yardımcı olduğunu gösterdi. Farklı dolgu metalleri ile yapılan kaynakların tümü, katı eriyik ve ara yüzey intermetalikleri ile karakterize edilmiştir. Her tip dolgu metali için, katı çözelti tipi ve ara yüzey intermetalikleri, dolgu metalleri ve baz metaller arasındaki metalurjik reaksiyonlara bağlıydı. Ag dolgu metali ile kaynak yapılan bağlantı, yaklaşık 310 MPa olan en yüksek çekme dayanımına sahiptir (Ting, Zhang & Feng, 2014).

Elektron ışını kaynağı (EBW) ile birleştirilen 50 mm kalınlığındaki bir titanyum alaşımlı levhadan malzeme çıkarılmasından sonraki gerilme modifikasyonu, sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ile incelenmiştir. Kaynak deneyi ve öğütme işlemi, EBW'nin neden olduğu gerilmeleri ve bunların yerel malzeme çıkarılmasından sonraki modifikasyonunu deneysel olarak belirlemek için gerçekleştirilmiştir. Yerel malzeme kaldırma yöntemi ve tüm tabaka kaldırma yöntemi nedeniyle kaynaklı gerilmelerin modifikasyonu, sonlu elemanlar analizi ile tartışılmıştır. Araştırılan sonuçlar,üstten daha az malzeme çıkarılmasıyla alt yüzeydeki gerilimlerin neredeyse değişmeden kaldığını gösterdi; üst ve alt kısımdan malzeme çıkarıldıktan sonra, yeni oluşan yüzeydeki enine gerilme, aynı yerlerdeki kaynak gerilmelerine kıyasla önemli ölçüde azalır; bununla birlikte, yerel bölge uzaklaştırma yönteminde gerilim modifikasyonu sadece malzeme uzaklaştırma bölgesinde meydana gelir; Uzunlamasına gerilim, tüm tabaka kaldırma yöntemiyle azalırken, yerel bölge kaldırma yöntemiyle neredeyse değişmeden kalır (Liu, Tang & Lu, 2013). SUS301 paslanmaz çelik sacın 0,6 mm kalınlığında kaynaklanması için ilk olarak takip eden bir ultrasonik destekli lazer kaynak (T-ULW) teknolojisi önerilmiştir. İkinci olarak SUS301 paslanmaz çelik ince sac üzerinde konvansiyonel lazer kaynağı ve ultrasonik destekli lazer kaynağı ile kaynak deneyleri yapılarak kaynak morfolojileri elde edilmiştir. Üçüncü olarak, kaynağın deneysel olarak elde edilen enine kesit şekline dayalı olarak, gerçek kaynak konturuna uyan polinom aracılığıyla yeni bir ısı kaynağı modeli önerilmiştir. Dördüncü olarak, kaynak sıcaklık alanı, kaynak deformasyonu ve artık gerilim simüle edilir ve numunedeki bazı özel noktalardaki kaynak sıcaklıkları, kaynak deformasyonu ve artık gerilim ölçülür. Bu deneysel ölçüm sonuçları, karşılık gelen simülasyon sonuçlarıyla çok iyi uyum sağlar, yukarıdaki yeni ısı kaynağı modeline dayalı olarak önerilen analiz yaklaşımının uygulanabilir olduğunu ve yeterince yüksek doğruluğa sahip olduğunu doğrulayan. Son olarak, ultrasonik titreşimin ultrasonik destekli lazer kaynağı ile kaynaklanmış numunelerdeki gerilme dağılımını nasıl etkilediğinin mekanizması tartışılmaktadır. Ultrasonik titreşim, kaynağın artık gerilim dağılımını esas olarak iki mekanizma aracılığıyla etkiler. Birincisi, ultrasonik titreşimin erimiş havuzdaki erimiş malzemenin akışını hızlandırabilmesi ve ardından oradaki sıcaklık dağılımını daha düzgün hale getirebilmesi ve sıcaklık gradyanını azaltabilmesi ve son olarak kaynağın artık gerilimini azaltabilmesidir. Diğeri, ultrasonik titreşimin sıkıştırmaya ve plastik deformasyona yol

açabilmesidir, bu da sonuçta uygulanan ultrasonik titreşimin yanında kaynağın sıkıştırma gerilimini bir dereceye kadar artırır (Liu & ark., 2022).

Plazma MIG kaynağı, geleneksel metal inert gaz (MIG) kaynağından oluşan iki kaynak yöntemini plazma ark kaynağı ile birleştiren bir hibrit kaynak işlemidir. Bu çalışma, plazma ve plazma akım değerlerinin kaynaklı karbon çelik levhaların mikroyapı ve mikrosertlik özelliklerine etkisini araştırmaktadır. Plazma kullanımının, ısıdan etkilenen bölgelerde (HAZ) incelmiş bir mikro yapıya ve geleneksel MIG kaynaklarına kıyasla mikrosertlik değerlerinde bir azalmaya neden olduğu bulunmuştur. Bu potansiyel olarak plazma MIG kaynaklarının sünekliğini artırır. Ayrıca, plazma akımlarının düşürülmesi, mikrosertliğin ve tane boyutlarının azalmasına ve böylece kaynakların sünekliğinin daha da artmasına neden olacaktır (Mamat & ark., 2022). Ti-6Al-4V alaşımı/alüminyum benzer olmayan metallerin fiziksel özelliklerinin farklı olması ve bağlantı ara yüzünde intermetalik bileşik tabakanın oluşması bunların güvenilir bağlantısını sınırlar. Ti-6Al-4V alaşımı/alüminyumun bağlantısı, alüminyumun üstünde Ti-6Al-4V alaşımlı levhanın bindirme bağlantıları ile plazma ark kaynağı ile gerçekleştirilmiştir. Kaynak ofseti ve akımı değiştirilerek iyi bir kaynak bağlantısı elde edilebilir. Eklemin mikro yapısı ve mekanik özellikleri optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışını kırınımı (XRD) ve çekme testi ile analiz edildi. Son olarak eklemin farklı parametreler altındaki ısıl işlemi test ile karşılaştırılmış ve arayüzün oluşum mekanizması tartışılmıştır. Sonuçlar, eklemin mikro yapısının Ti-6Al-4V alaşımının kısmen eridiğini gösterdiğini, ve alt alüminyum ana metale ısı iletimi ile eritilen ve böylece metalürjik bağ gerçekleştiren kaynaşmamış bir alan vardır. Arayüz geçiş katmanı esas olarak titanyum ve alüminyum atomları arasındaki difüzyon ve katmanlı bir TiAlAlüminyum tarafında yaklaşık 1 μm kalınlığında $_3$ intermetalik bileşik katman oluşur. Numune, maksimum 1,76 kN yük ile alüminyum ana metal tarafında kırılmıştır. Eklem iyi mekanik özellikler gösterir. Ti-6Al-4V alaşımı ve alüminyumun füzyon bölgesinin sonlu elemanlar termal analizinin sonuçları, deneysel sonuçlarla iyi bir uyum göstermektedir. Mevcut değer arttığında, kaynak merkez sıcaklığı ve ergitme alanının boyutu artma eğilimi gösterir. Akım değeri 70A ve ofset 3 mm olduğunda, iyi kaynaklı birleştirme oluşumuna elverişlidir (Huang & ark., 2021).

Modifiye dolaylı elektrik ark (MIEA) kaynağı sırasında düşük yoğunluklu elektromanyetik etkileşimin (EMILI) 7075-T651 Al alaşımlı levhaların (13 mm kalınlık) mikro yapısı ve korozyon direnci üzerindeki etkileri araştırıldı. Kaynak işlemi, ~1.5 kJ/mm ısı girdisi ile tek geçişte gerçekleştirilmiştir. Kaynakların mikroyapısal gözlemleri, sırasıyla mikrosertlik ölçümleri ve elektrokimyasal empedans spektroskopisi aracılığıyla EMILI'nin yerel mekanik özellikler ve doğal deniz suyundaki korozyon direnci üzerindeki etkisiyle ilişkilendirildi. Kaynakların mikroyapısal karakterizasyonu, kaynak sırasında EMILI tarafından indüklenen 3 mT'lik elektromanyetik karıştırma nedeniyle kaynak metalinde bir tane incelmesi ortaya çıkardı. Ek olarak, taramalı elektron mikroskobundaki gözlemler, ısıdan etkilenen bölgede (HAZ) Cu açısından zengin fazların çökelmesinin ve ötektiklerin ayrışmasının da EMILI'nin bir etkisi olarak azaldığını göstermiştir. 7075-T651 kaynaklarının doğal deniz suyundaki yüksek korozyon çözünmesi ve ITAB'daki aşırı yaşlanma derecesi, 3 mT'lik EMILI ile kaynak yapıldığında azaltıldı. Bu nedenle, MIEA tekniği ile birlikte EMILI, daha iyi mikroyapısal özelliklere sahip kaynaklı bağlantılara, HAZ'da geliştirilmiş mekanik özelliklere ve azaltılmış elektrokimyasal aktiviteye yol açabilir (Reyna & ark., 2019). Korumalı metal ark kaynağı işleminde (SMAW), metalin birleşmesi, basınç kullanılmadan kaplanmış bir elektrot ile ana metal arasına vuran bir elektrik arkının ısısıyla üretilir. Kaplama elektrodunun ayrışması ekranlama sağlar. Basit işlem, düşük maliyet ve kaynak mukavemetinin yüksek olması nedeniyle diğer kaynak yöntemlerine göre en sık kullanılan kaynak yöntemidir. Bu araştırma çalışmasının amacı, kaynak hızı ve kaynak gerilimini sabit tutarak kaynak akımı, polarite ve elektrot açısı gibi çeşitli kaynak parametrelerinin düşük karbonlu çelik levhaların kaynaklı çekme dayanımı üzerindeki etkisini belirlemektir (Pathak & ark., 2020). 3 mm kalınlığında Al-çeliği benzer olmayan metaller, yeni geliştirilen yüksek frekanslı elektrik işbirliği ark kaynağı-lehimleme (HFAW-

B) ile oluklar veya şekillendirme levhası olmaksızın alın kaynağı yapılmıştır. Bağlantının mikroyapı özellikleri ve mekanik özelliği araştırıldı ve geleneksel tekli MIG bağlantısıyla karşılaştırıldı. Sonuçlar, geleneksel MIG işlemi için çok daha yüksek ısı girdisi (1036 J/cm) gerekliyken, düşük kaynak ısı girişi (826 J/cm) altında HFAW-B işlemi ile tatmin edici kaynak görünümüne sahip sağlam bağlantının elde edildiğini gösterdi. Arayüz IMC'leriHFAW-B ekleminin tabakası homojen ve inceydi (4,0 μm ile sınırlı). Geleneksel MIG birleştirmesinde, aynı ısı girdisine sahip olsa bile, IMC tabakasının maksimum kalınlığı 5.0 μm'yi aştı ve kaynak dikişinde masif Al-Fe kırılgan IMC'ler bulundu. Kabul edilebilir arka kaynak görünümü elde edildiğinde, geleneksel MIG birleştirmesinde kaynak sonrası son derece düzensiz ve çatlamış 20 μm'lik bir IMCs tabakası gözlendi. Ayrıntılı analiz, kalınlık yönünde üniform ısıtmanın, kaynak havuzu öncesinde ön ısıtmanın ve HFAW-B işleminin farklı ısıtmasının, Al/çelik birleştirmenin (arka) kaynak görünümünün ve arayüz özelliklerinin uyumlu düzenlemesini gerçekleştirmek için faydalı olduğunu ortaya çıkardı. sadece iyi bir kaynak görünümü değil, aynı zamanda düşük ısı girdisi altında ince bir bileşik katman da sağlar. Sağlam kaynak görünümünden yararlanılmıştır (Ye & ark., 2021).

Korumalı metal ark kaynağı (SMAW) temel olarak bir füzyon kaynağıdır. Basınç yokluğunda elektrot ile iş parçası arasında oluşan bir elektrik arkının ürettiği ısı nedeniyle lokalize kaynaşmanın üretildiği işlemdir. Ekranlama, elektrot kaplamasının ayrışmasıyla elde edilir. SMAW işleminde kaynak dikişinin genişliği, kaynaklı birleştirmenin çeşitli mekanik özelliklerinin yanı sıra mikroyapısal özelliklerini de etkilediği için önemli bir faktördür. Bu araştırma çalışmasının temel amacı, düşük karbonlu AISI 1010 çelik levhalar için kaynaklı alın birleştirmelerin kaynak dikişi genişliğine kaynak akımı, kaynak gerilimi, kaynak hızı ve elektrot açısı gibi girdi işlem parametrelerinin etkilerini ortaya koymaktır. SMAW süreci. Bu deneysel çalışma, kaynak dikişi genişliğinin kaynak gerilimi ve kaynak akımı ile doğrudan değiştiğini ve kaynak dikişi genişliği ile kaynak hızı arasında ters bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur. Kaynak dikişinin, elektrot açısının kaynak dikişi genişliği üzerinde ihmal edilebilir bir etkisi olduğu da bulunmuştur (Pathak & ark., 2021). Östenitik paslanmaz çelikler (ASS) kaliteleri, pirinç, bronz veya galvanizli çelik gibi diğer malzemelere göre hafif aşındırıcı asit, endüstriyel ve deniz ortamlarında güçlü korozyon direncine sahiptir. ASS kaliteleri arasında AISI 316 paslanmaz çelik, deniz suyu için güvenlidir. Bu belge, bir deniz ortamında paslanmaz çeliğin performansının verimliliğini ve gelişimini açıklamaktadır. AISI 304 ve 316 paslanmaz çeliklerin birleştirilmesinde plazma ark kaynağı kullanılmış ve kaynaklı birleştirmelerin mikro yapıları gözlemlenmiştir. Kaynaklı çeliklerin korozyon hızını belirlemek için korozyon direnci testi kullanılmıştır. AISI 316'nın AISI 304'e ve hem AISI 316 hem de 304'ün kaynaklı bağlantısına kıyasla çok daha düşük korozyon oranına sahip olduğu üç tip numune için Tafel grafik eğrisi kullanılarak korozyon hızı analiz edilmiştir (Rajesh & ark., 2020).

Cindea ve ark. (2016), ısı kaynağının (elektrik arkı) hareket etmesi koşuluyla CO2 ortamında kaynak sırasında termal alanın X60 kargom içeriği bileşenleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Kaynaklı bileşenlerin modellenmesi ve simülasyonu için ANSYS yazılımı aracılığıyla, iki X60 çelik levhanın alın kaynağı olarak kabul edildi. Modellenen sıcaklık düşüşü, sonsuzluk noktasında ortam sıcaklığına eşit bir değere düşürülür ve mümkün olan en iyi doğruluğun elde edilmesi için hava ve boşluk bileşeni için Solid 90 tipi elemanlar (sonlu eleman yöntemleri) ve sonsuz için sırasıyla Infinite 111 tipi elemanlar kullanılmıştır. Uzay simülasyonun ardından, erimiş matris metal yüzeyinde elektrik arkının ulaştığı sıcaklıklar, çeliğin erime noktasının üzerindeki sıcaklıklar, erimiş metal banyosunun dikiş boyunca hareketinin görülebildiği alanlar temsil edilebilir. Eşzamanlı olarak, farklı zaman süreleri için farklı yönlerden sonra sıcaklıktaki uzamsal değişimi grafikler olarak da temsil etmiştir. Deneysel ölçümler için, koruyucu gazdaki (CO_2) kaynak işlemlerinin modellenmesi ve simülasyonundan sonra, gerçek etkili kaynak koşullarında deneysel araştırma yoluyla teorik öncülleri doğrulamak için ilerlemek kesinlikle gereklidir. Bu sıcaklık, dikişin başlangıcında, ortasında veya sonunda bulunan dikiş ekseni üzerindeki bir noktadaki sıcaklığın

gelişimini kapsayan dikiş boyunca yer alan üç alanda ölçülmüştür. Termal alan için zaman değişimi simülasyon yöntemi kullanılarak gerçeğe yakın değerler veren deneyler yapılabilmekte, teknolojilerin çalışması kolaylaşmakta, farklı kaynaklı yapılar üzerinde kaynak teknolojilerinin derleme süresi kısalmaktadır. Gaz metal ark kaynağı (GMAW) işlemi, daha yüksek verimlilik ve kalite açısından iyi olan ark kaynağı işleminin geliştirilmesinde başı çekmektedir (Cîndea & ark., 2016). Bu çalışmada, robotik gaz metal ark kaynağı kullanılarak 6 mm ana metal kalınlığına sahip yumuşak çelikte farklı parametrelerin kaynak penetrasyonu, mikroyapı ve sertlik ölçümü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada seçilen değişkenler ark gerilimi, kaynak akımı ve kaynak hızıdır. Ark gerilimi ve kaynak akımı sırasıyla 22, 26 ve 30 V ve 90, 150 ve 210 A olarak seçilmiştir. Kaynak hızı 20, 40 ve 60 olarak seçilmiştir. cm/dak. Kaynak işleminden sonra her numune için penetrasyon, mikro yapı ve sertlik ölçülmüş ve bunun etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, kaynak akımı parametre değerinin artmasının penetrasyon derinliği değerini arttırdığı açıktır. Bunun dışında ark gerilimi ve kaynak hızı da penetrasyon derinliği değerini etkileyen diğer bir faktördür. Mikro yapı, kaynak parametrelerini etkileyen her bir parametrenin farklı tane sınırlarını göstermiştir (Ibrahim & ark., 2021).

Başka bir çalışmada ise, çift darbeli gaz metal ark kaynağının (DP-GMAW) Al alaşımı AA5754'ün metal damlacık transferi, kaynak havuzu profili, kaynak dikişi geometrisi ve kaynak birleştirme mekanik özellikleri üzerindeki etkisi sunulmaktadır. Metal transfer davranışını ve kaynak havuzu profilini ortaya çıkarmak için yüksek hızlı bir kamera kullanıldı. Kaynak işlemi sırasında mevcut dalga biçimini kaydetmek için kendi geliştirdiği bir elektrik sinyali toplama sistemi benimsenmiştir. Sonuçlar, DP-GMAW'daki metal transferi, kaynak havuzu profili ve kaynak dikişi geometrisinin P-GMAW ile önemli ölçüde farklı olduğunu gösterdi. Mikro yapı, termal darbe frekansının artmasıyla kaynak dikişinin tane boyutunun azaldığını ve ötektik çökeltilerin Mg_2 Si'nin füzyon bölgesinde homojen bir şekilde dağıldığını gösterdiği ve kaynaklı birleştirmelerin mekanik özelliklerinin iyileştiği gözlenmiştir (Liu, Tang, & Lu, 2013). 13 mm kalınlığındaki dövme alüminyum levhalar sürtünme karıştırma kaynağı (FSW) ve gaz tungsten ark kaynağı (GTAW) yöntemleri ile kare alın kaynağı yapılmıştır. Kaynak bölgesinin korozyon davranışı Tafel polarizasyon eğrisi ile incelenmiştir. Kaynaklı bölgenin morfolojisini ve yarı kantitatif analizini belirlemek için optik metalografi (OM) ve enerji dağılımlı spektroskopi (SEM-EDS) ile birlikte taramalı elektron mikroskobu kullanıldı. FSW, yaklaşık 1-2'lik eş eksenli tanelerle sonuçlandı μm, GTAW ise kaynaklı bölgenin dendritik yapısına neden olmuştur. Korozyona karşı direnç, FSW taneleri için GTAW yapısından daha fazlaydı. Her iki durumda da, kaynaklı bölgede korozyon saldırısına duyarlılık ana metal bölümden daha fazlaydı. T6 ısıl işlemi, korozyon potansiyelinin daha büyük pozitif değerlere doğru kaymasına neden oldu. Bu etki kaynaklı bölgelerde ana metal kesite göre daha güçlü olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Fahimpour, Sadrnezhaad & Karimzadeh, 2012).

Sürtünme karıştırma kaynağının (FSW) avantajlarından biri, ark kaynağı işlemlerine kıyasla daha az enerji tüketimidir . Bu avantaj tahmin edilmiş ve niteliksel olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, prosesler sırasındaki enerji ölçümlerine ve bunların nasıl adil bir şekilde karşılaştırılacağına dayalı niceliksel bir analiz eksiktir. Bu çalışmanın amacı, FSW ve gaz metal ark kaynağı (GMAW) işlemleriyle alüminyum 6061-T6 iş parçalarında tam nüfuziyetli kaynakların oluşturulmasıyla ilişkili enerji tüketimini nicel olarak karşılaştırmaktır. İki işlem için iş parçası kalınlıkları (FSW için 5 mm kalınlık ve GMAW için 7,1 mm kalınlık), çekme testi sırasında bağlantıların sağladığı maksimum çekme kuvveti olacak şekilde seçilir.benzer. Bu, FSW'den kaynaklanan daha yüksek nihai gerilme mukavemeti nedeniyle malzeme tasarrufu sağlar . Herhangi bir ön işlem, kaynak işlemi ve son işlem için tüketilen enerji ölçülmüştür. Son olarak,FSW ve GMAW'nin çevresel etkisini belirlemek ve karşılaştırmak için yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmıştır.Bu çalışmada kullanılan kaynak parametreleri için FSW ile birleştirme, GMAW ile karşılaştırıldığında %42 daha az enerji tüketir ve benzer maksimum çekme kuvveti tasarım kriterleri için yaklaşık %10 daha az malzeme kullanır. Bu, GMAW ile karşılaştırıldığında FSW için yaklaşık %31 daha az sera gazı

emisyonuna yol açar. Hem FSW sırasında daha düşük enerji tüketimi hem de ilgili ön ve son süreçler, genel enerji azalmasına katkıda bulunmuştur (Shrivastava, Krones, & Pfefferkorn, 2015). Gaz tungsten ark kaynağı (GTAW) ve gaz metal ark kaynağı (GMAW) ile işlenmiş alüminyum 5083 (Al5083) kaynaklı bağlantıların mekanik özellikleri ve mikroyapısal özellikleri incelenmiştir. Her iki yöntemle işlenen kaynaklı parçalar mekanik olarak ana malzeme Al5083'ten daha yumuşaktır ve plastik lokalizasyon için potansiyel yerler olabilir. GTAW tarafından işlenen Al5083 kaynaklı bağlantıların, GMAW tarafından işlenenlere göre mekanik olarak daha güvenilir olduğu ortaya çıktı. İlki daha yüksek mukavemet, daha fazla süneklik taşır ve görünür mikro yapı kusurları yoktur. GTAW ve GMAW tarafından işlenen kaynaklar arasındaki farklı mekanik özellikleri açıklayabilen, GMAW ile kaynaklı bağlantılarda algılanabilir gözeneklilik bulunur. Bu tür hafif metallerin yaygın olarak kullanıldığı yüksek hızlı tren endüstrisinde Al5083 için GMAW kullanılırken dikkatli olunması önerilmiştir (Liu, Zhang, Wu & Gong, 2012).

Kaynak kalitesi esas olarak kaynak metalinin mekanik özelliklerine ve kaynak tipi ve işlem parametreleri ile doğrudan ilişkili olan ısıdan etkilenen bölgeye (HAZ) bağlıdır. penetrasyon alanı, kaynak hızı, kaynak akımı, koruyucu gaz debisi , voltaj, ark ilerleme hızı, temas ucu – çalışma mesafesi, koruyucu gaz türü vb. gibi kaynak proses parametrelerinden büyük ölçüde etkilenir ve ayrıca belirlenmesinde önemli bir rol oynar çekme mukavemeti gibi kaynağın mekanik özellikleri , sertlik vb. Bu çalışmada, IS:2062 yumuşak çelik levhanın 0.8 mm çapında bakır kaplı siyah sac tel ile gaz metal ark kaynağı yöntemi kullanılarak kaynağı üzerinde çeşitli işlem parametrelerinin etkisi incelenmiştir . Tepki Yüzey Metodolojisinin Box Behnken Tasarım tekniği kullanılarak veri toplamak için bir dizi deney yapılmıştır . Kaydedilen verilere dayanarak, matematiksel modeller geliştirilmiştir. Ayrıca, boncuk genişliğini ve boncuk yüksekliğini en aza indirmek ve yanıt yüzeyi metodolojisi kullanılarak penetrasyon derinliğini en üst düzeye çıkarmak için bir girişimde bulunulmuştur (Srivastava & Garg, 2017). Bu araştırmanın amacı, bir paslanmaz çelik alaşımını (STS304) bir alüminyum alaşımına (Al6061) birleştirmek için gaz tungsten ark kaynağı (GTAW) destekli hibrit sürtünme karıştırma kaynağı (HFSW) işleminin kullanım potansiyelini değerlendirmektir. Sürtünme karıştırma kaynağı (FSW) ve HFSW ile farklı birleştirmenin mekanik ve mikroyapısal özelliklerindeki fark araştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Enine çekme mukavemetinin yaklaşık %93'ü alüminyum alaşımından (Al6061) ana metal çekme mukavemeti HFSW ile elde edilir. FSW kaynaklarının çekme dayanımından daha yüksektir. Bunun nedeni, paslanmaz çelik yüzeyin GTAW tarafından ön ısıtılması nedeniyle farklı malzemelerde gelişmiş malzeme plastik akışı ve kısmi tavlama etkisi olabilir, bu da kaynakların önemli ölçüde artmış uzamasına neden olur. GTAW ön ısıtmasını FSW'ye entegre eden HFSW'nin, geleneksel FSW'ye kıyasla farklı kombinasyonları birleştirmede avantajlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Bang & ark., 2012).

Saravanakumar ve ark. (2022), %0,3 krom içereren EN 10028 P355 GH karbon çeliği ve %16,39 krom içeren AISI 430 çelik çubuklarını kullanmışlardır. Numunelerin çapı 16 mm ve uzunluğu 100 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Numuneler farklı sürtünme basınçlarında, farklı sürelerde, farklı hızlarda ve farklı devir sayılarında işleme tabii tutulmuştur. Bu sürtünmeler sonucu,orta düzey dönme hızının elde edilen yeni bağlantıya yüksek çekme mukavemeti özelliği ve yüksek basıncın ise iyi darbe tokluğu kazandırdığı bildirilmiştir.Inconel 718 ve Nimonic 80A, havacılık endüstrilerinin türbin disklerinde ve kanatlarında kullanılan nikel bazlı alaşımlardır. Bu alaşımların farklı metal kaynaklı bağlantıları üzerinde, kırılma tokluğu ve yorulma çatlağı ile büyüme hızı çalışmalarının yapıldığı bir araştırmada, alaşımlar 16 mm çapında ve 200 mm uzunluğunda çubuklar haline getirildi ve döner sürtünme kaynağı kullanılarak kaynamaları sağlandı. Hem alaşımlar hem yeni oluşan bağlantı üzerinde ısı kullanılarak ve ısı kullanılmadan çekme testleri uygulanmıştır. Isıl işlem öncesi ve sonrası döner sürtünmeli farklı kaynaklı birleştirmeler üzerinde kırılma tokluğu ve yorulma çatlağı büyüme oranları çalışmaları yapılmıştır. Yeni oluşan alaşım ilk kullanılan hammaddelerden daha az tokluk gösterdi. Bununla birlikte, yeni oluşan ulaşımın tavlanması kırılma tokluğunu geliştirmiştir. Benzer şekilde, ısıl işlem görmüş numunenin sunduğu

çatlak yayılma direnci, işlem görmemiş olanlardan nispeten daha yüksek olarak bulunmuştur (Saravanakumar & ark., 2022)

Banerjee,ve ark. (2022), yaptığı çalışmada 316 paslanmaz çeliği A516 çeliklerini farklı sürtünme parametreleri ve mikroyapısal özellerlerini inceleyerek kaynak bölgesinde malzemenin sünekliğinde bir miktar bozulma ve ana malzamelerden daha yüksek mukavemet değerlerine ulaştığı sonucuna varmışlardır. Kaynak sırasında 1800 dev/dk dönme hızı ve 10-15-20 MPA basınçlar altında Taguchi yöntemine göre tasarlanarak birleştirme yapılacak bileşenlerin bir tarafı dönen bir mile diğer tarafı ise sabit bir fikstüre sabitlenmiştir ve kaynak işlemi yapılmıştır. Kaynaklar uzunlamasına kesilerek enine kesitler mikroskop ile incelenerek mikroyapısalkarakterizasyonları incelenerek testler için numuneler hazırlanmıştır. Yapılan mekanik testler sonucunda çekme numunelerinde sünek bir bozulmanın göstergesi olan çukurlar ve boşluklu yapılan gözlemlenmiştir (Banerjee & ark., 2022) Vikas ve ark. (2022), bu araştırmada ti64 alaşımlı numune bağlantıları için döner sürtünme kaynağı üzerinde araştırmalar yapılmıştır ve Ti64'ün korozyon direncinin genel olarak çok yüksek olduğu kanaatine varmıştır. Çalışmada birleştirme işleminde kontrollü prosses parametreleri altında füzyon kaynağı ile kaynaklanabilir olduğu aksi takdirde oksijen nitrojen karbon ve hidrojen gibi isterstisyel elemenler tarafından kontaminasyon gibi sorunlar ortaya çıkabileceği saptanmıştır. Ti64 çok başarılı bir şekilde kaynak edilebilmesine rağmen birçok araştırma sonucunda korozyon özelliğini yitirdiği gözlemlenmiştir bunun nedeni olarak demir elementinin tane sınırlarına doğru hareket etmesi ve tane boyutunun büyümesi dislokasyon hareketlerinin artması, faz ayrışması gibi nedenler olduğu öngörülmüştür. Yapılan son çalışmalara göre kaynak sonrasında ısıl işlem tek tip mikro yapı oluşturarak Ti64'ün korozyon direncini artırdığını ortaya çıkarmaktadır (Vikas & ark., 2022) Tang ve ark. (2022), bir çalışmada arayüzey sürtünme rejiminin geçişini ve bunun geçici termal tepkiler üzerindeki etkisini araştırmak için SUS304 paslanmaz çeliğin döner sürtünme kaynağı işlemi için 2B eksenel simetrik bir sonlu eleman modeli kullanılarak, FE simülasyonu ile süreç içi durum değişkenleri, yani sürtünme gerilimi ve ısı akısı ve bunların kaynak arayüzündeki uzaysal dağılımları ele alınarak FE simülasyonu ve deneysel sonuçlar birbirini destekler nitelikte sonucuna ulaşmışlardır. (Tang & ark., 2022).

Choi ve ark. (2022), 5 mmT × 25 mmW × 65 mmL boyutundaki AA7075-T6 alaşımı doğrusal sürtünme kaynağı işlemi için hazırlanmıştır ve çalışmada uygulanan basınç 60-470 MPA olarak seçilmiştir. Kaynak sıcaklığı, iş parçası yüzeyine takılan termokupl ile deneysel olarak ölçülmüştür. Kaynak sıcaklığını doğru bir şekilde ölçmek için, toplam yığılma değeri 3 mm olduğundan, termokupllar ilk arayüzlerden yaklaşık 1,5 mm uzaklıkta bulunan iş parçası yüzeylerine doğrudan bağlanarak sonuçlan incelenmiştir. 60 MPa'da imal edilen bağlantının kaynak bölgelerinde yumuşama meydana gelmiş ve verimi %58 tespit edilmiştir. Uygulanan düşük basınç, yüksek kaynak sıcaklığından dolayı tanelerin kabalaşmasına neden olurken, uygulanan yüksek basınç nispeten düşük kaynak sıcaklığından dolayı rafine edilmiş taneleri indükler. Esas olarak doğrusal sürtünme kaynağı sırasında yüksek sıcaklıklarda çökeltilerin ve dispersiyonların çözünmesiyle çökelme güçlendirmesinin kaybından kaynaklandığına ulaşılmıştır. En baskın güçlendirme mekanizması kaynak bölgesinde çökelme güçlendirmesidir (Choi & ark., 2022). Zhang ve ark. (2022), 1060 saf alüminyum çubuk ve Q235 düşük karbonlu çelik çubuk, sürekli tahrik sürtünme kaynağı ile kaynaklandı, Ag ara tabakasının radyal yön boyunca farklı bölgelerde sürtünme torku, mekanik özellikler ve arayüzey mikro yapısı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ag ara katmanı, ilk tepe torka ulaşma süresini 14,8 s'den 20,7 s'ye geciktirdi, ilk tepe torkunu 22,9 N·m'den 20,0 N·m'ye ve tepe sıcaklığı 2,9 s'den 20,7 s'ye indirdi. 433 ◦C ila 336 ◦C. Ag ara katmanı, arayüz elemanı dağılımının ve mekanik özelliklerin heterojenliğini tamamen çözmediği tespit edildi. Ag ara tabakası, 0,5R–0.8R bölgesinde bağlantının çekme mukavemetini % 8.2 arttırır ve kaynak bölgesindeki ortalama eğilme Açısı 14◦'den 90◦'ye yükseltti. Ag ara tabakası, kaynak işleminde arayüzey viskoplastik metalin akış şeklini değiştirir, kaynak arayüzünde intermetalik bileşiklerin kalınlığının radyal dağılım eğilimini değiştirir. Kaynak bölgesinde Fe2Al5, Fe4Al13 ve diğer kırılgan fazların oluşumu büyük ölçüde

engellenir ve bu bölgede Ag2Al, Ag3Al ve diğer tokluğu iyi olan fazlar oluşur (Zhang & ark., 2022). Tsikayive ark. (2022), Bu çalışmada Ti6Al-4 V numuneleri kullanılmıştır ve döner sürtünme kaynağı yöntemini kullanmıştırlar. TiAlV numuneleri üzerinde yapılan yorulma testi, kaynak bölgesinin yorulma çatlaklarının yüzeyde başlamasına eğilimli olduğunu göstermiştir. Bu çalımşada TiAlV numunelerinin yorulma dayanımlarını geliştirmek amacıyla yapılmış olup mikroyapısal, kaynak bölgesi ve ısıdan etkilenen bölgeler üzerine incelemelerde bulundu. Kaynak bölgesinin malzemenin sertlik özelliğinden daha fazla sertliğe sahip olduğu ve 70HV'lik bir değişim tespit edildi. Çatlak başlama alanı ağırlıklı olarak ısıdan etkilenen bölgeden kaynaklandığı fark edildi. , çatlak başlangıcını kaynaklı bölgeden uzağa kaydırarak yorulma ömrünü iyileştirmek amacıyla döner sürtünme kaynağı yöntemiyle yorulma numunelerinin yüzeyini manipüle etmek için robotik bir kol üzerine monte edilmiş 4 kW'lık bir doğrudan enerji kaynağı kullanılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada Ti-6Al-4 V numunelerinin başarılı bir şekilde döner sürtünme kaynağı yapılacağı sonucuna varılmıştır (Tsikayi & ark., 2022).

Sonuçlar

Bu çalışmanın amacı sürtünme kaynağı yöntemini ve bu alanda yapılan çalışmaları araştırarak bir derlemesini yapmaktır. Metallerin bağlantıları, endüstride sık kullanılan yöntemlerden biridir. Hem ekonomik açıdan ulaşılabilir en güvenlik standartlarına uygun ürünlere üretimin her alanında gereksinim vardır. Sürtünme kaynağı yöntemi bir katı hal kaynak yöntemidir.

Farklı kaynak yöntemlerinde yapılan araştırmalar incelendiğinde; her kaynak yönteminin kendine göre avantaj ve dezavantajları olduğu görülmektedir. Sürtünme kaynağı diğer kaynak yöntemlerine göre değerlendirildiğinde metallerin birbirine uymaması, erime noktalarındaki değişiklikler, sıcaklık uyumsuzlukları gibi sorunlar olmadan kaynak yapabilmeyi sağlar ve bu da bu yöntemin diğer kaynak yöntemlerine göre daha kullanışlı olduğunu göstermektedir.

Referanslar

Ates, H., Cakır, M. E., Kurt, A., Uygur, I., & Turker, M. (2014). Investigation of Changes in Mechanical Properties and Microstructures of Mild Steel Joint by Oxy-Hydrogen Welding.

Banerjee, A., Ntovas, M., Silva, L. D., O'Neill, R., & Rahimi, S. (2022). Continuous drive friction welding of AISI 8630 low-alloy steel: experimental investigations on microstructure evolution and mechanical properties. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 144(7).

Bang, H., Bang, H., Jeon, G., Oh, I., & Ro, C. (2012). Gas tungsten arc welding assisted hybrid friction stir welding of dissimilar materials Al6061-T6 aluminum alloy and STS304 stainless steel. Materials & Design, 37, 48-55.

Choi, JW, Li, W., Ushioda, K., Yamamoto, M. ve Fujii, H. (2022). Yüksek basınçlı doğrusal sürtünme kaynaklı AA7075-T6 ekleminin güçlendirme mekanizması. Malzeme Karakterizasyonu , 191 , 112112.

Cîndea, L., Haţiegan, C., Pop, N., Negrea, R., Răduca, E., Gillich, G. R., ... & Nedeloni, M. D. (2016). The influence of thermal field in the electric arc welding of X60 carbon steel components in the CO2 environment. Applied Thermal Engineering, 103, 1164-1175.

Coetsee, T., & De Bruin, F. J. (2022). Improved Titanium Transfer in Submerged Arc Welding of Carbon Steel through Aluminum Addition. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 43(6), 771-774.

Çetkin, E. (2020). Farklı kaynak parametrelerinde sürtünme kaynağı ile birleştirilmiş AISI304/AISI5140 çelik çiftlerinin mekanik ve mikroyapılarının araştırılması. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9(4), 1724-1733.

Fahimpour, V., Sadrnezhaad, S. K., & Karimzadeh, F. (2012). Corrosion behavior of aluminum 6061 alloy joined by friction stir welding and gas tungsten arc welding methods. Materials & Design, 39, 329-333.

Fang, Y., Jiang, X., Mo, D., Zhu, D., & Luo, Z. (2019). A review on dissimilar metals' welding methods and mechanisms with interlayer. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 102(9), 2845-2863.

Guoqing, C., Binggang, Z., Wei, L., & Jicai, F. (2011). Crack formation and control upon the electron beam welding of TiAl-based alloys. Intermetallics, 19(12), 1857-1863.

Huang, J., Liu, Y., Liu, S., Guan, Z., Yu, X., Wu, H., ... & Fan, D. (2021). Process of welding-brazing and interface analysis of lap joint Ti-6Al-4V and aluminum by plasma arc welding. Journal of Manufacturing Processes, 61, 396-407.

Ibrahim, I. A., Mohamat, S. A., Amir, A., & Ghalib, A. (2012). The Effect of Gas Metal Arc Welding (GMAW) processes on different welding parameters. Procedia Engineering, 41, 1502-1506.

Karaçam, Z. (2013). Sistematik derleme metodolojisi: Sistematik derleme hazırlamak için birrehber. Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi, 6(1), 26-33.

Kurbet, R., Karthikareddy, G., & Monica, J. (2021). A Review on Friction Stir Welding over other Welding Techniques of Aluminium Alloys. Solid State Technology, 64(2), 3713-3729.

Li, Y., Zhao, Y., Li, Q., Wu, A., Zhu, R., & Wang, G. (2017). Effects of welding condition on weld shape and distortion in electron beam welded Ti2AlNb alloy joints. Materials & Design, 114, 226-233.

Liu, A., Tang, X., & Lu, F. (2013). Study on welding process and prosperities of AA5754 Al-alloy welded by double pulsed gas metal arc welding. Materials & design, 50, 149-155.

Liu, C., Zhang, J., Wu, B., & Gong, S. (2012). Numerical investigation on the variation of welding stresses after material removal from a thick titanium alloy plate joined by electron beam welding. Materials & Design, 34, 609-617.

Liu, Y., Wang, W., Xie, J., Sun, S., Wang, L., Qian, Y., ... & Wei, Y. (2012). Microstructure and mechanical properties of aluminum 5083 weldments by gas tungsten arc and gas metal arc welding. Materials Science and Engineering: A, 549, 7-13.

Liu, Z., Jin, X., Li, J., Hao, Z., & Zhang, J. (2022). Numerical simulation and experimental analysis on the deformation and residual stress in trailing ultrasonic vibration assisted laser welding. Advances in Engineering Software, 172, 103200.

Maalekian, M. (2007). Friction welding – critical assessment of literature, Science and Technology of Welding and Joining, 12(8), 738-759.

Mamat, S., Sidek, N. A., Afandi, N. A. A. M., Roslan, R. A. E., Ter, T. P., Yuji, T., ... & Tanaka, M. (2022). Observation of Microstructure and Mechanical Properties in Heat Affected Zone of as-welded Carbon Steel by using Plasma MIG welding Process. Metals, 12(2), 315.

Nguyen, Q. M., & Huang, S. C. (2015). An investigation of the microstructure of an intermetallic layer in welding aluminum alloys to steel by MIG process. Materials, 8(12), 8246-8254.

Pathak, D., Singh, R. P., Gaur, S., & Balu, V. (2020). Experimental investigation of effects of welding current and electrode angle on tensile strength of shielded metal arc welded low carbon steel plates. Materials Today: Proceedings, 26, 929-931.

Pathak, D., Singh, R. P., Gaur, S., & Balu, V. (2021). Influence of input process parameters on weld bead width of shielded metal arc welded joints for AISI 1010 plates. Materials Today: Proceedings, 38, 24-28.

Rajesh, K. D., Buddi, T., Kanth, P. R., & Satyanarayana, K. (2020). Microstructural and corrosion resistance study on plasma arc welded joints of AISI 304 and AISI 316. Advances in Materials and Processing Technologies, 6(2), 189-205.

Reyna-Montoya, J. S., GarcÍA-RenterÍa, M. A., Cruz-HernÁndez, V. L., Curiel-LÓpez, F. F., Dzib-PÉrez, L. R., & FalcÓn-Franco, L. A. (2019). Effect of electromagnetic interaction on microstructure and corrosion resistance of 7075 aluminium alloy during modified indirect electric arc welding process. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 29(3), 473-484.

Sabzi, M., Kianpour-Barjoie, A., Ghobeiti-Hasab, M., & Dezfuli, S. M. (2018). Effect of high-frequency electric resistance welding (HF-ERW) parameters on metallurgical transformations and tensile properties of API X52 microalloy steel welding joint. Archives of Metallurgy and Materials, 63.

Saju, T., & Velu, M. (2022). Fracture toughness and fatigue crack growth rate studies on rotary friction weldments of nickel-based superalloys. Materials Letters, 327, 133027.

Saravanakumar, S., Kalaiselvan, K., Prakash, K. B., Parkunam, M., Niranjan, S., Dharanish, N., & Akash, R. (2022). Mechanical behaviour and microstructure analysis of aluminium 2024 and 5052 using friction stir welding. Materials Today: Proceedings, 69, 1437-1441.

Sarila, V., Koneru, H. P., Cheepu, M., Chigilipalli, B. K., Kantumuchu, V. C., & Shanmugam, M. (2022). Microstructural and Mechanical Properties of AZ31B to AA6061 Dissimilar Joints Fabricated by Refill Friction Stir Spot Welding. Journal of Manufacturing and Materials Processing, 6(5), 95.

Senthilkumar, G., Mayavan, T., & Manikandan, H. (2022). Prediction of mechanical characteristics of friction welded dissimilar EN 10028P 355 GH steel and AISI 430 steel joint by fuzzy logic analysis. Materials Today: Proceedings.

Shrivastava, A., Krones, M., & Pfefferkorn, F. E. (2015). Comparison of energy consumption and environmental impact of friction stir welding and gas metal arc welding for aluminum. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 9, 159-168.

Singh, A., & Singh, R. P. (2020). A review of effect of welding parameters on the mechanical properties of weld in submerged arc welding process. Materials Today: Proceedings, 26, 1714-1717.Mert, Ş., & Mert, S. (2013). Sürtünme karıştırma nokta kaynak yönteminin incelenmesi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 2(1), 26-35.

Srivastava, S., & Garg, R. K. (2017). Process parameter optimization of gas metal arc welding on IS: 2062 mild steel using response surface methodology. Journal of Manufacturing Processes, 25, 296-305.

Tang, T., Shi, Q., Lei, B., Zhou, J., Gao, Y., Li, Y., ... & Chen, G. (2022). Transition of interfacial friction regime and its influence on thermal responses in rotary friction welding of SUS304 stainless steel: A fully coupled transient thermomechanical analysis. Journal of Manufacturing Processes, 82, 403-414.

Ting, W., Zhang, B. G., & Feng, J. C. (2014). Influences of different filler metals on electron beam welding of titanium alloy to stainless steel. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 24(1), 108-114.

Tsikayi, D., Hattingh, D. G., Bernard, D., Steuwer, A., Westraadt, J., Goosen, W., & Buslaps, T. (2022). Effect of Direct energy surface modification on fatigue life of rotary friction welded Ti6Al4V ELI fatigue coupons. International Journal of Fatigue, 163, 107096.

Uzun, A., Eski, Ö., & Çelik, E. (2017). Taguchi Tekniği Kullanılarak SAE 1021/Dillidur 400/Dillimax 500 Çeliklerinin Sürtünme Kaynağı için İşlem Parametrelerinin Optimizasyonu. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 5(2), 53-62.

Vikas, K. S. R., Ramana, V. V., Reddy, G. M., & Rao, K. S. (2022). Influence of heat treatments on corrosion behavior of Ti64 friction welds. Chemical Data Collections, 42, 100940.

Ye, Z., Huang, J., Cheng, Z., Wang, S., Yang, J., Chen, S., & Zhao, X. (2021). Interfacial characteristics and mechanical properties of aluminum/steel butt joints fabricated by a newly developed high-frequency electric cooperated arc welding-brazing process. Journal of Materials Processing Technology, 298, 11731.

Yürük, A., Bozkurt, B., & Kahraman, N. (2017). S235JR karbon çeliği ile AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin mig kaynak yöntemi ile kaynak edilebilirliğinin incelenmesi. Sakarya University Journal of Science, 21(2), 90-97.

Yürük, A., Yakup, K. A. Y. A., & Kahraman, N. (2021). Alüminyum Alaşımlarının MIG Kaynak Yöntemi ile Kaynak Edilebilirliğinin İncelenmesi. Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(1), 42-52.

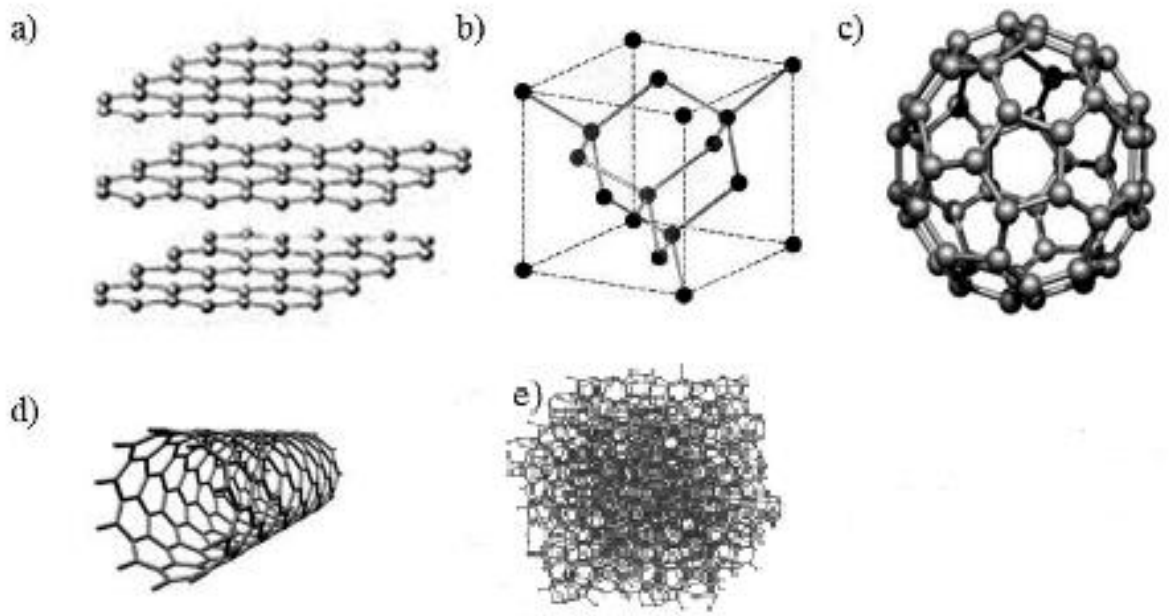
Zhang, C., Cui, G., Chen, B., Liu, X., Shi, Y., & Wang, Y. (2022). Effect of Ag interlayer on friction torque, mechanical properties and microstructure of large diameter aluminum/steel joints by continuous drive friction welding. Journal of Manufacturing Processes, 78, 341-351.

Grafen Oksit Sentezi ve Fourıer Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrum Analizi

Ömer LAÇİN[1]

Giriş

Karbon elementi (C), periyodik tabloda IV-A gurubunda yer alan bir ametal olup o gurubun en düşük atom numaralı elementidir. Karbon, hayatın yapı taşlarından biri olup dünyada her sektörde kullanılan litosferin yaklaşık %2'sini oluşturan bir elementtir (Neto & ark., 2009). Karbonun yaygın beş allotropu; grafit, elmas, fulleren, karbon nanotüp, ve amorf yapıları olup Şekil 1'de gösterilmiştir (Arseven, 2011).



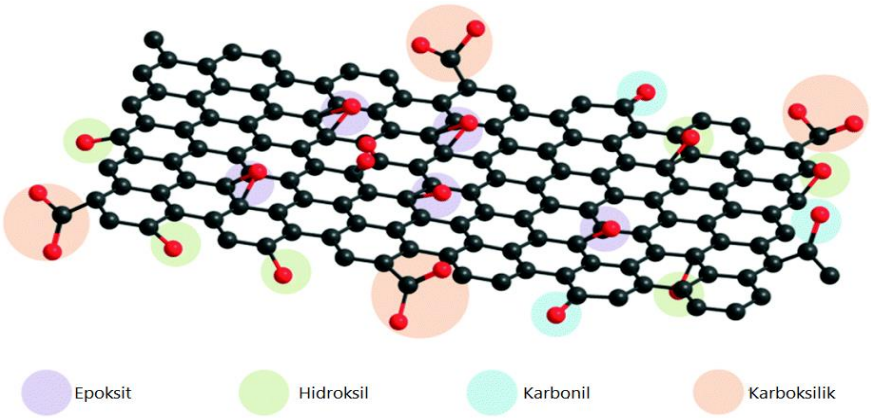
Şekil 1. Karbonun Yaygın Allotropları (a) grafit, (b)elmas, (c) fulleren, (d) karbon nanotüp, (e) amorf karbon.

Son yıllarda bu allotroplardan biri olan grafit; düşük maliyetli, kolay elde edilebilirliği, grafen oksite, kompozit malzemelere ve grafene kolaylıkla dönüştürülebilmesi nedeniyle çok büyük ilgi görmektedir. Grafit kristali, üç boyutlu bir yapıda olup altıgen şeklinde dizilmiş ve bükülme özelliği bulunduran sp^2 hibritleşmesine sahip karbon atomlarından meydana gelir. Grafit yapısında, düzlem üzerindeki karbon atomlarının birbirine güçlü kovalent bağları ile düzlemler arasının ise

[1] Profesör Dr. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,

zayıf Van Der Walls bağları ile bağlanmış iki bağ türü vardır. Van Der Walls bağlarının zayıf olmaları sebebiyle tabakalar birbirlerinden çok kolay bir şekilde ayrılabilirler (Dresselhaus & Richiro, 1998).

Grafen Oksit (GO), 2 boyutlu oksijen içeren fonksiyonel grupların olduğu karbon esaslı bir madde olup ucuz ve bol bulunan grafitin oksidasyonundan elde edilmektedir. Grafen oksit esaslı malzemeler saf polimerler ile karşılaştırıldığında, elektriksel, termal ve mekanik özellikleriyle birlikte yüksek hidrofiliklik, suda çok iyi disperse olabilmesi ve yüksek yüzey alanı nedeniyle ideal bir malzeme olarak görülmektedir. Tipik bir grafen oksitin kimyasal yapısı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Grafen Oksitin Kimyasal Yapısı

Grafen oksitin özellikleri, morfolojisine, doğasına ve reaksiyon şartlarına bağlı olduğundan farklı şartlarda sentezlenen grafen oksitin özellikleri de farklı olmaktadır (Shamaila, Sajjad, & Iqbal, 2016). Dolayısıyla literatüre giren her grafen oksit sentez çalışması önemli bir katkı sağlamaktadır. GO in yapısındaki oksijen içeren fonksiyonel grupları, sp^2 hibritleşmesi yapan karbon atomlarının sp^3 hibritleşmesi yapan karbon atomlarına oranının kontrol edilebilir olması, ayarlanabilir elektronik ve optik özellikleri nedeniyle, birçok alanda kullanılmaktadır. Bu nedenle, enerji depolamadan biyomedikale, kaplama teknolojisinden savunma sanayiine kadar geniş bir uygulama alanı bulmaktadır.

Kontrol edilebilir bant aralığı, GO'yu elektrikli sensörler ve fotovoltaik cihazlarda kullanılmasını sağlar. GO'nun fonksiyonel grupları, nanopartiküller, karbon nanotüpler ve iletken polimerler gibi diğer nano malzemeler ile kolayca birleşerek kompozit malzeme olarak kullanılmaktadır. Buna ilaveten, fonksiyonel gruplar GO'yu hidrofilik ve çözünebilir hale getirerek biyomoleküller ile kovalent olmayan bir şekilde etkileşime girmesi nedeniyle yüksek hassasiyetli ve seçicili biyomolekülleri oluşturmak için biyoteknolojide de kullanılmasını sağlar (Paulchamy, Arthi & Lignesh, 2015; Tiyek, & ark., 2016; Huang, & ark., 2012; Lightcap & Kamat, 2012; Sun & Fugetsu, 2013; Pyun, 2011; Kim, Cote & Huang, 2010; Chen & ark., 2013).

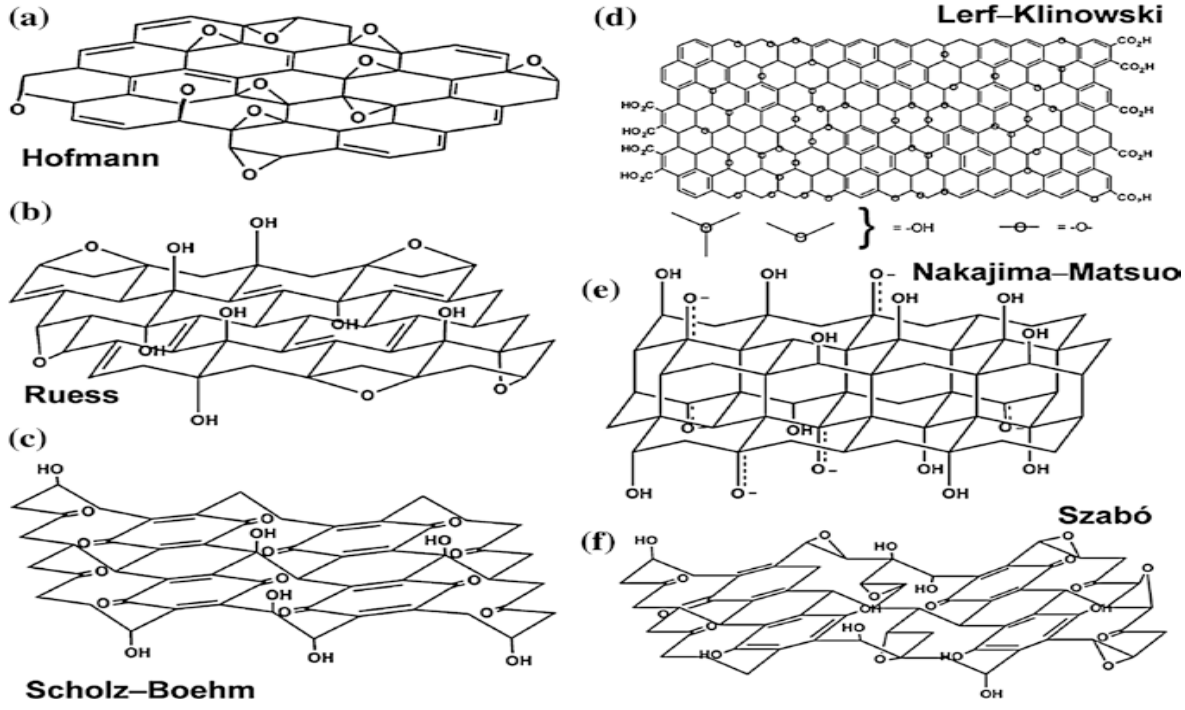
Grafitin oksidasyonuyla elde edilen grafit oksidin, çeşitli termal ve mekanik yöntemlerle çok daha az tabakalara eksfoliye edilmesiyle GO elde edilir (Dreyer & ark., 2010). 1962'nin başlarında, Boehm ve ark., grafit oksidin termal eksfoliasyonuna öncülük etmişlerdir (Boehm & ark., 1962). Daha sonra, grafen veya GO elde etmek için termal exsfoliasyon popüler bir yöntem haline gelmiştir (Pei & Cheng , 2012).

Grafit oksitten GO'ya dönüştürülmenin bir başka yolu ise mekanik olarak grafit oksitin exsfoliasyonudur. Burada grafit oksit, su veya polar organik ortamlara alınarak karıştırma veya sonikasyon ile tabakalar ayrılarak GO'ya dönüşmektedir(Stankovich & ark., 2006; Becerril & ark., 2008; Zhu & ark., 2010). Su veya polar organik ortamdaki sonikasyonla elde edilen grafen oksit, mekanik karıştırmaya kıyasla çok daha hızlı olsa da GO tabakalarına zarar verebileceği de dikkate alınmalıdır (Paredes & ark., 2008).

GO'nun yapısal modellemesi, deneylerde sentezlenen GO'nun çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinin açıklanmasında ve çeşitli alanlardaki potansiyel uygulamaları için bilgi sağlamaktadır. Ayrıca, GO'nun elektronik özelliğinin, epoksitlerin ve hidroksillerin kapsamına ve oranına, GO'nun optik özelliğinin ise bant boşluğuna bağlı olarak ayarlandığı rapor edilmiştir. GO'nun diğer nanomalzemelerle kompozisyonu da, mekanik ve optik özelliklerini ayarlamanın bir başka yoludur. Şimdiye kadar, GO'nun yapısını araştırmak, oksijen içeren grupların, oranları ve düzenlemelerinin etkilerini araştırmak için çok sayıda model önerilmiştir (Şekil 3).

1939'un başlarında, Hofmann ve Holst, Şekil 3a'daki gibi sadece epoksi gruplarının olduğu yapısal bir GO modeli önermişlerdir (Hofmann & Holst, 1939). Bu çalışmada oksijenin, C_2O olarak epoksi gruplarının altıgen tabaka düzlemlerindeki karbon atomlarına bağlandığını bildirmişlerdir. Daha sonra, Ruess ve ark., Şekil 3b'de önerdikleri modelde, GO'nun hidrojen içeriğini de göz önüne alan ve hidroksil grupları ile birleştirilmiş bir yapısal model önerdi. Bu model aynı zamanda GO'nun bazal düzlem yapısının, Hofmann'ın sp^2 hibrit modelinden ziyade sp^3 hibrit formunda olduğunu belirtmişlerdir. Daha sonra Scholz ve Boehm, Ruess'in modelini revize ederek Şekil 3c'de önerdikleri modelde epoksi gruplarının olmadığını savunmuşlardır (Scholz & Boehm, 1969).

GO için önerilen bu erken modeller, kimyasal formüle ve element analizine göre yapılmış olup o zamanlarda spektrum analiz desteği bulunmamaktaydı. Spektrum analizlerinin gelişimiyle, Lerf ve ark., 1H ve 13C katı hal NMR spektrum desteği ile Şekil 3d'de önerdikleri modelde, GO'nun, bazal düzleminde hidroksil ve epoksit fonksiyonel grupları ve kenarlarında ise karboksil ve karbonil grupları taşıyan altıgen bir sp^2 ve sp^3 hibridize karbon atomları ağından oluştuğunu savunmuşlardır (Lerf-Klinowski & ark., 1996). Nakajima ve ark., XRD bilgilerinden faydalanarak Şekil 3e'de önerdikleri modelde GO'nun florinasyonuyla $(C_2F)n$ modeli gibi bir polimerimsi madde olduğunu savunmuşlardır. Bu modelde, iki karbon tabakası, karbonil ve hidroksil gruplarının hidrasyon seviyesine bağlı olarak göreceli miktarlarla bulundukları katmanlara dik sp^3 C-C bağları ile bağlandığını belirtmişlerdir (Nakajima, Mabuchi & Hagiwara, 1988). Son olarak, Szabó ve ark., FT-IR, XPS ve NMR desteği ile Scholz ve Boehm modelini revize ederek Şekil 3f'de önerdikleri modelde, GO'nun C=C çift bağlarla bağlanmış düz karbon altıgenlerin buruşuk bir karbon ağına sahip bir yapıda olduklarını belirtmişlerdir (Szabó & ark., 2006). Bu modeller içerisinde Lerf-Klinowski modeli en itibar gören model olarak literatür çalışmalarında yer bulmuştur.



Şekil 3. Grafen Oksit için Önerilen Yapısal Modeller

Grafen Oksit Sentezinde Literatür Araştırması

Grafit oksit üretimi bir buçuk asırdan fazla bir süredir çalışılmaktadır (Dreyer, & ark., 2010; Chua, & Pumera, 2014) 1859'un başlarında Brodie, grafit, $KClO_3$ ve HNO_3 karışımının 60 °C'de üç-dört gün zaman zarfında muamele ederek karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan ve "grafik asidi"olarak adlandırdığı bir ürün sentezlemiştir (Brodie, 1859).

Daha sonra 1898'de Staudenmaier ve 1937'de Hofmann, reaksiyona karışımın asitliğini arttırmak için konsantre H_2SO_4 ekleyerek Brodie'nin yaklaşımını geliştirmişlerdir. Grafiti, klorat, H_2SO_4 ve HNO_3 ile muamele ederek çoklu oksidasyon yaklaşımıyla elde ettiği (C/O~2) benzer bir oksidasyon derecesi elde etmişlerdir & Holst, 1938). Fakat yine de sentez süresinin çok uzun olması (yaklaşık 1 hafta), toksik gazların (NO_x, SO_x) oluşması ve ClO_2 gibi patlayıcı maddeler içermesi nedeniyle bu yöntemler de literatürde çok yer bulamamıştır.

1958'de Hummers, grafitin, $KMnO_4$, konsantre H_2SO_4 ve $NaNO_3$ karışımı ile reaksiyona sokulması ve alternatif bir oksidasyon yöntemi ile benzer oksidasyon derecelerine ulaşmışlardır (Hummers & Offeman, 1958). Tipik bir Hummers yöntemi olarak, Laçin, 2022 tarafından yapılan çalışma aşağıdaki gibi açıklanmıştır (Şekil 4):

Reaksiyon boyunca uygulanan karıştırma hızı, homojen bir süspansiyonun elde edildiği 500 rpm olarak belirlenmiştir. Reaksiyonun gerçekleşeceği 250 mL'lik reaktöre, 1 gr grafit tozu, 0.5 g $NaNO_3$, 23 ml H_2SO_4 ilave edilerek 30 dk karıştırıldıktan sonra literatürdeki diğer modifiye Hummers yöntemlerinden farklı olarak 40 dakika boyunca -15 °C'de dondurucuda bekletilmiştir. Numune buz banyosunda 0 °C'ye getirilmiş ve karışıma 3 gr $KMnO_4$, yaklaşık 1 saat süre içerisinde kademeli olarak ve sıcaklık 5 °C yi geçmeyecek şekilde kontrollü bir karıştırmayla ilave edilerek Eşitlik 1 ve 2'deki oksidasyon reaksiyonları gerçekleştirilmiştir.

$$KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K^+ + MnO_3^+ + H_3O + 3HSO_4^- \quad (1)$$

$$MnO_3^+ + MnO_4^- \rightarrow Mn_2O_7 \quad (2)$$

Reaksiyonda permanganat yaygın olarak kullanılan bir oksidan olmasına rağmen, gerçek aktif tür, aromatik çift bağlar üzerinde doymamış alifatik çift bağları seçici olarak oksitleyebilen dimanganez heptoksit (Mn_2O_7) (Dreyer, & ark., 2010)'dir.

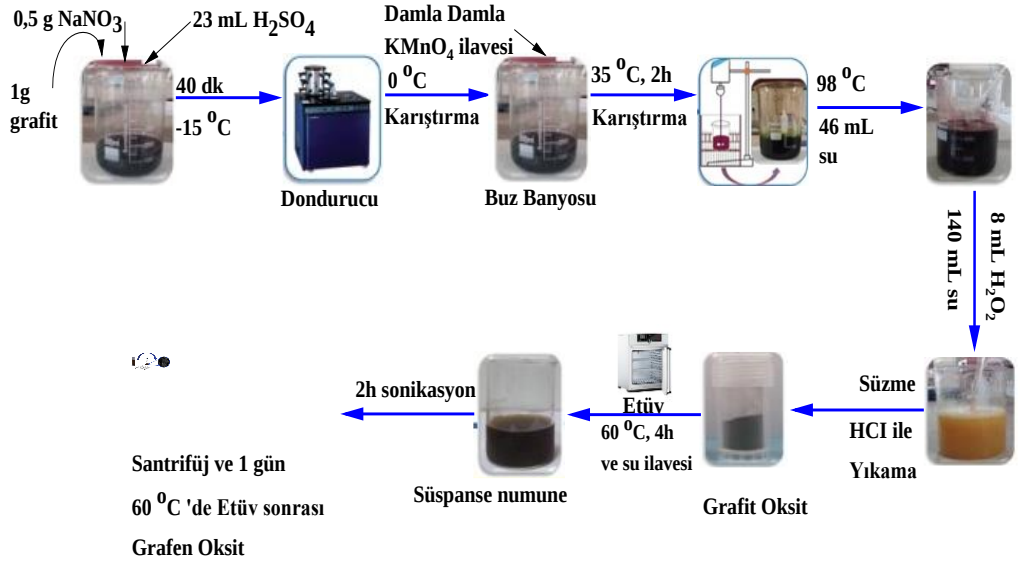
Reaksiyonda ilk interkalasyon, sülfürik asit ile grafit arasında gerçekleşir ve grafit bisülfat üretilir. HSO_4^- iyonları grafit katmanlarının kenarına saldırırken, Na^+ iyonları Van der Waals ve tabaka etkileşimlerini ortadan kaldırıp grafit katmanları arasına girer ve burada d aralığını artırken katman sayısı azaltır (Zhao, Liu, & Li, 2015).

Reaksiyon sonunda elde edilen koyu yeşil renkli grafit oksiti mekanik olarak grafen oksite dönüştürmek için, sıcaklık 35 °C'ye ayarlanıp 50 °C'yi geçmeyecek şekilde numune 2 saat boyunca karıştırılmıştır. Süre sonunda açık kahverenkli karışımın sıcaklığı 98 °C'ye yükseltilip 46 mL ultra saf su, kontrollü bir biçimde ilave edilmiştir. Bu esnada çıkan gazların renginin mor olduğu gözlenmiştir. 98 °C'de tutulan nihai karışım 15 dk boyunca karıştırıldıktan sonra rengin koyu kahverengiye döndüğü gözlenmiştir. Daha sonra, 140 mL ultra saf su ve 8 mL H_2O_2 ilavesiyle renk sarıya dönüşmüş ve $KMnO_4$ fazlası Eşitlik 3'de gösterildiği gibi suda çözünür manganez tuzuna ($MnSO_4$) dönüştürülmüştür.

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 3H_2O_2 \rightarrow 2MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 8H_2O + 5O_2 \quad (3)$$

Elde edilen son karışım 1 gün boyunca oda sıcaklığında bekletildikten sonra yüksek kaliteli wattman filtresi ile süzülmüştür. Katı numune, bünyesindeki metal iyonlarının giderilmesi %10'luk HCl ile ve ortamdaki reaksiyona girmeyen asit fazlasının giderilmesi için saf su ile pH 7 olana kadar birkaç kez yıkanmıştır. Karışım 60 °C'de etüvde 4 saat kurutulduktan sonra saf su ilave edilerek elde edilen hidrofilik grafen oksit süspansiyonu seçici olarak 2 saat boyunca ultrasonifikasyona (güç: 150 W ve frekans: 33 KHz) tabi tutulup 5 dk boyunca 3000 dev.dk^{-1} hızda santifürüj edilerek

çözeltisinden ayrılmıştır. Son olarak, katı numune 60 °C'de etüvde 1 gün boyunca kurutularak grafen oksit sentezi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Grafen Oksit Sentezi için Deneysel Sistem

GO üretim yöntemlerinin ortak dezavantajları toksik ve tehlikeli kimyasalların kullanılması ve üretim prosesi esnasında bir takım zehirli gazların ortaya çıkmasıdır. Fakat geliştirilen Hummers yöntemi, bu olumsuz durumları nispeten azaltan bir yöntem olarak literatürde yer bulmuştur. Hummers yönteminin avantajları; patlayıcı özelliğe sahip ClO_2 yerine $KMnO_4$ gibi kuvvetli bir oksitleyici ajan kullanımı ve beraberinde reaksiyon süresinin kısalması ve dumanlı asit buharı oluşturan nitrik asit yerine sodyum nitrat kullanılmasıdır. Bu yöntemin dezavantajları ise; NO_2 ve N_2O_4 gibi toksik gazların oluşması, $KMnO_4$'ın 95 °C'nin üzerinde patlama riski ve kristal kafese hapsolan sulu çözeltideki Na^+ ve NO_3^- iyonlarını uzaklaştırma zorluğudur. Bu yüzden Hummers yöntemi şu ana kadar yapılan çalışmalarda modifiye edilerek bu dezavantajları azaltma yollarına gidilmiştir. Mesela, reaksiyon şartlarının değiştirilmesi, $KMnO_4$ yerine K_2FeO_4 kullanılması, $NaNO_3$ yerine konsantre asit miktarının artırılması veya H_2SO_4 ile birlikte H_3PO_4 kullanımıyla sentez çalışmaları da literatüre girmiştir (Marcano & ark., 2010), (Sun & Fugetsu 2013), (Peng & ark., 2015).

Krishnamoorthy & ark., modifiye edilmiş bir Hummers yöntemi kullanarak farklı oksidasyon derecelerine sahip grafen oksit (GO) sentezlemişlerdir. GO'da farklı oksijen içeren fonksiyonel grupların oluşumu ve yapısı üzerindeki etkileri spektroskopik yöntemleri kullanarak analiz etmişlerdir. XRD ile, oksidasyon seviyelerindeki artış sırasında grafitik istiflenme düzeninin bozulduğunu göstermişlerdir. XPS analizi, daha düşük oksidasyon seviyelerinde hidroksil ve karboksil gruplarının, daha yüksek oksidasyon seviyelerinde ise epoksit gruplarının oluşumunu ortaya koymuşlardır. Artan oksidasyon seviyeleri ile Zeta potansiyelinde doğrusal bir artış olduğunu ve Raman spektroskopisi analizi ile, artan oksidasyon seviyelerinin kristalden amorf bir yapıya geçiş ile sonuçlandığını ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak GO'nun elektrokimyasal özelliklerinin, oksidasyon derecesindeki değişimden büyük ölçüde etkilendiğini belirtmişlerdir (Krishnamoorthy & ark., 2013).

Xu & ark., $NaNO_3$ kullanmaksızın modifiye edilmiş Hummers yöntemi ile elde ettikleri sentezde ürün veriminin düşmediği, NO_2/N_2O_4 toksik gazlarının oluşumunun ortadan kalktığı ve Na^+ ve NO^{3-} iyonlarının bulunmaması nedeniyle atık su içerisindeki Mn^{2+} iyonlarının bertaraf edilmesini kolaylaştırdığı gözlenmiştir. Ayrıca, grafen oksit sentezi ve saflaştırma sistemlerinden toplanan atık suyun arıtılması için prototip bir yöntem geliştirmişlerdir XU & ark., 2015).

Yang & ark., tarafından geleneksel Hummers yönteminde oksidasyon süresi ve $KMnO_4$ miktarı değiştirilerek altı farklı oksidasyon derecesine sahip GO örneği sentezlenmiş ve metilen mavisi giderimi üzerine etkileri incelenmiştir. Oksidasyon süresi ve oksidan miktarının artmasıyla oksidasyon derecesinin arttığı ve sonuçta adsorpsiyon kapasitesinin de önemli düzeyde arttığı gözlenmiştir (Yan & ark., 2014).

Chen & ark., 3-20 mikrometre boyutlarına sahip grafit pullarını, geliştirilmiş bir Hummers yöntemi ile tamamen tek katmanlı GO'ya dönüştürmüşler. Daha önce çalışılan 10-100 mikrometre boyutlarındaki grafit pullarından elde edilen GO'dan daha yüksek verimli olduğunu belirtmişlerdir. Her iki grafitten hazırlanan GO tabakalarının yapıları, nitelikleri ve boyut dağılımları neredeyse aynı olduğunu fakat küçük grafit pulları kullanılması durumunda, oksitlenmemiş kalıntıları gidermek için santrifüjleme gereksinimi olmadan doğrudan saflaştırılabileceğini belirtmişlerdir. Yüksek verim, basitleştirilmiş saflaştırma prosedürü ve yüksek GO kalitesi göz önüne alındığında, küçük boyutlu grafit pullarının kullanılmasının, GO endüstriyel ölçeğinin seri üretimine doğru önemli bir adım olduğunu bildirmişlerdir (Chen & ark., 2015).

Chen & ark., başlangıç malzemeleri olarak elenmiş grafit pulları kullanılarak modifiye Hummers yöntemi ile farklı ebatlarda GO sentezlemişlerdir. Sentez esnasında hidroliz aşamasının, eksfoliye ve sülfat türlerinin uzaklaştırılmasında etkili olduğunu belirtmişlerdir (Chen & ark., 2016).

Zaaba & ark., $NaNO_3$ kullanmaksızın hacim oranı 9:1 olacak şekilde H_2SO_4/H_3PO_4 karışımı kullanarak, sentezledikleri GO'nun etanol ve aseton içerisindeki çözeltilerini, spin yöntemiyle bir silikon tabakası üzerine kaplayıp kompozit malzemesi elde etmişlerdir. Etanol çözeltisinden elde edilen kompozit malzemenin elektriksel özelliklerinin asetona göre daha iyi olduğunu gözlemlemişlerdir (Zaaba & ark., 2017).

Alam & ark., tarafından gerçekleştirilen GO sentezinde geleneksel Hummers yöntemi modifiye edilmiştir. Modifikasyonda önce P_2O_5 ve $K_2S_2O_8$ kimyasallarıyla bir ön oksidasyondan sonra $NaNO_3$ konsantrasyonunu azaltıp 9:1 hacim oranında H_2SO_4/ H_3PO_4 karışımı kullanmışlardır. Sentezlenen GO'yu 350 ^oC de 10 dk boyunca fırında muamele edilerek termal indirgenmiş GO'ya dönüştürmüşlerdir(Alam, Sharma & Kumar, 2017).

Vryonis & ark., oksitleyici ajan olarak yaygın kullanılan potasyum permanganat ($KMnO_4$) yerine krom trioksit (CrO_3) kullanmışlardır. Raman spektroskopisi, termogravimetrik analiz ve X-ışını fotoelektron spektroskopisi sonuçlarından, ürünün geleneksel grafen oksit (GO) ile karşılaştırıldığında orta bir oksidasyon seviyesi ve daha az bir kusur içeriği ile karakterize olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca elektrik iletkenliğinde artış olduğunu belirlemişlerdir (Vryonis & ark., 2019).

Hanifah & ark., farklı oksidasyon derecelerinde modifiye Hummers yöntemi ile GO sentezlemişlerdir. Oksijen içeren fonksiyonel grupların oluşumunun GO'nun yapısal özellikleri üzerindeki etkilerini, UV–görünür spektrofotometri (UV–VIS), Fourier dönüşümü Kızılötesi spektroskopisi (FTIR), X-ışını kırınımı (XRD) ve Raman spektrofotometresi ile incelemişlerdir. Sonuçta, GO'nun elektrokimyasal özelliğinin, daha az miktarda oksijen içeren fonksiyonel gruplarla arttığını gözlemişlerdir. Bu özelliklere sahip ürünlerin, çeşitli grafen bazlı malzemelerin üretiminde önemli bir potansiyele sahip olduğunu belirtmişlerdir (Hanifah & ark., 2019).

Al-Gaashani & ark., oksitleyici ajanlar olarak, potasyum permanganat ve hidrojen peroksit kullanıldığı gibi sülfirik asit, fosforik asit ve nitrik asit karışımlarını da kullanarak üç modifiye Hummer yöntemi ile yüksek kaliteli grafen oksit ve indirgenmiş grafen oksit sentezlemişlerdir. Bu çalışmada daha az tehlikeli patlayıcı gazların oluştuğunu ve spektroskopik cihazların desteği ile C/O oranında bir artış olduğunu göstermişler ve bunun da hidrofilikliği artırdığını belirtmişlerdir (Al-Gaashani & ark., 2019).

Yadav & Lochab, üç modifiye yöntemle GO sentezlemişlerdir. Bunların oksidasyon derecelerini ve sulu dispersiyonlarının kararlılığını incelemişler ve GO'nun fiziksel özelliklerin değiştirilebileceğini bildirmişlerdir (Yadav & Lochab, 2019).

Grafen Oksit İçin Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrum Analizi

Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrum Analizi (FTIR) ile; katı ve sıvı örneklerin IR aktif molekül özellikleri kullanılarak yapılarında bulunan bileşikleri, iki birbirine benzer bileşiğin aynı olup olmadığı, bağların durumu-yerleri ve bileşik yapısının aromatik ya da alifatik olup olmadığı belirlenir. FTIR spektroskopisi, 4000-400 cm^{-1} frekans bölgesinde elektromanyetik radyasyonu absorplamak için kimyasal bağlarla birleştirilen atomların temel özelliklerinden faydalanılır.

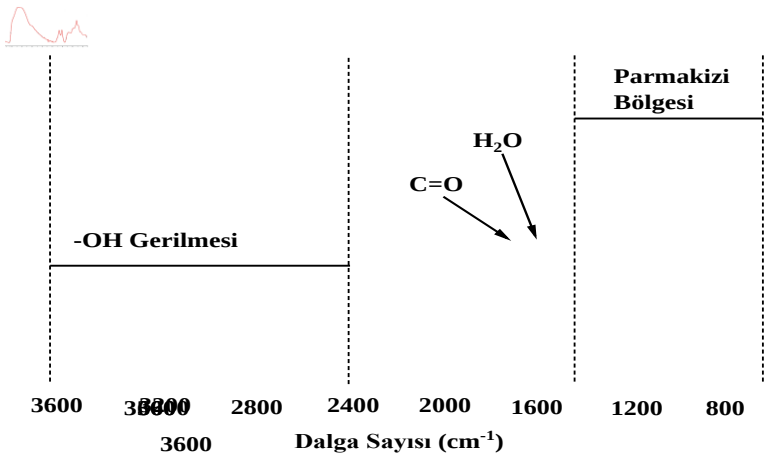
Bir Fourier transformasyonu (matematiksel metot) uygulanarak veriyi zaman alanından frekans alanına aktarır ve değişik frekanslarda oluşan absorbanslar grafiğe dökülür (Noguchi & Noguchi, 2001). Her materyalin kendine özgü bir spektrumu vardır. Organik madde spektrumları özellikle de 2000 cm^{-1} den sonraki sınırları daha detaylıdır. Bu görünen bölgeye parmak izi bölgesi denir ve spektrumu iki kat genişleterek yapılır. Böylece materyal hakkında daha detaylı bilgi elde edilir (Büyüksırıt & Kuleaşan, 2014) .

Çok geniş spektrum aralığı olduğu için geniş bir kullanım alanına sahip olup analiz sonuçları doğru ve güvenilir olmaktadır. Numune, çok küçük miktarla, hiç zarar görmeden ve çok hızlı bir şekilde analiz edilmesinden dolayı FTIR kullanımı çok genişlemiştir. Ayrıca cihaz kendi kendini otomatik olarak temizleyebilmektedir (Lin & Wang, 2012).

FTIR analizi yapılmak istenen katı örnekler için 3 tane hazırlama tekniği vardır. İlki, KBr ile malzeme karıştırılarak ince bir film haline getirilir. İkincisinde, KBr kullanılmadan örnek ince film halinde kaplanarak hazırlanır. Sonuncu teknikte ise katı örneği çözen bir çözücü kullanılarak numune hazırlanır (Zhang & ark., 2012).

FTIR muhtemelen GO karakterizasyonu için en uygun ve en hızlı yöntem olup numune içindeki fonksiyonel grupları karakterize etmek için kullanılır. FTIR spektroskopisinin ana dezavantajı, neredeyse tamamen kalitatif olmasıdır. Farklı örneklerin birbirleriyle karşılaştırılması mümkün olsa da, Kızılötesi (IR) spektrumlarından nicel veri elde edilemez. Çok sayıda fonksiyonel gruba sahip bir platform olan GO, çok zengin ve karmaşık IR spektrumları sergilemektedir. Şu ana kadarki çalışmalarda yapılan incelemelerde GO'nun FTIR spektrumları farklı ve yanlış yorumlandığı gözlenmiştir. Yapılan yayınların çoğunda, verilerin daha önce yanlış yorumlanan eserlere de atıfta bulunulduğundan bu yanlış yorumlamalar yeniden üretilmektedir. Aşağıda, doğru yorumlanmış spektrumlar ve yapılan en tipik yanlış yorumlamalar verilmiştir (Dimiev & Eigler, 2016).

Tipik bir GO FTIR spektrumu (Şekil 5) keyfi olarak üç karakteristik bölgeye ayrılır: (i) 3600-2400 cm^{-1} bölgesinde yoğun ve çok geniş bir absorpsiyon bandı, (ii) spektrumun ortasında en çok tanınan iki absorpsiyon bandı 1723 cm^{-1} ve 1619 cm^{-1} ve (iii) parmak izi bölgesinde bir grup üst üste binen sinyaller.



Şekil 5. Tipik bir GO numunesi İçin FTIR spektrumu

3600-2400 cm^{-1} absorpsiyon bandı O–H bağlarının gerilme modlarından kaynaklanır. Teorik olarak, bu absorpsiyon iki farklı türden kaynaklanır: GO platformunun ayrılmaz bir parçası olan üçüncül alkoller ve GO yapısına dahil edilen su molekülleri. Aslında, bu absorpsiyon bandı çoğunlukla su moleküllerinden kaynaklanmaktadır. Alkollerin hidroksil grupları daha az katkıda bulunur (Szabó & ark., 2006; Dimiev, Alemany & Tour, 2013).

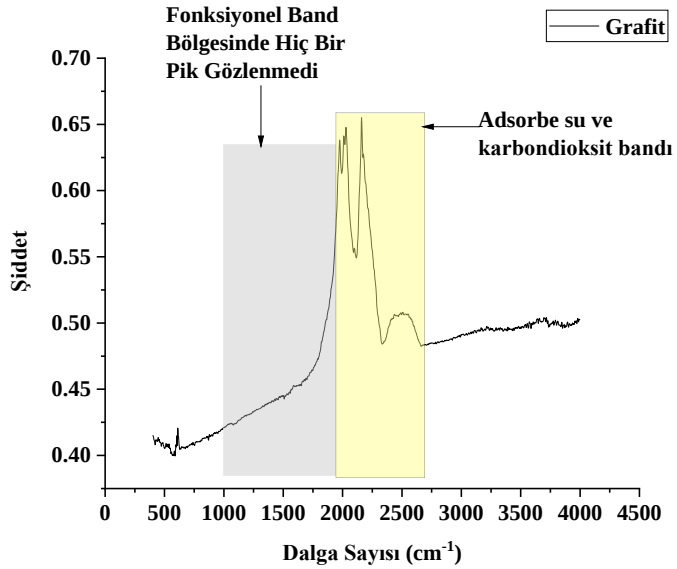
Spektrumun ortasındaki 1723 cm^{-1} ve 1619 cm^{-1}'deki absorpsiyon bantları, GO-FTIR spektrumlarının imzası niteliğindedir. Bu iki bant, bildirilen tüm GO'larda görülmelidir. İlk pikin konumu 1710-1726 cm^{-1} ve ikinci pikin konumu 1610-1624 cm^{-1} arasında değişmesi gerekir. Bu farklar, büyük olasılıkla GO örneklerinin doğasından çok kullanılan enstrüman ve yöntemle alakalı olduğu bildirilmiştir. 1723 cm^{-1} bandı, açık bir şekilde karbonillerin gerilme moduna atanmıştır. Genellikle, Lerf-Klinowski GO yapısal modeline göre karboksilik gruplara da atfedilmektedir. Bu bandın C=O bağlarının gerilme modlarından kaynaklandığı konusunda ortak bir fikir birliği vardır. 1619 cm^{-1} bandın atanması konusunda daha az anlaşma var. Bu, modern literatürde en yaygın olarak yanlış yorumlanan absorpsiyon bandıdır. Yakın tarihli GO ile ilgili literatürde, en yaygın atama C=C bağlarının gerilme modları olsa dahi farklı türlere atanan yayınlarda gözlenmiştir. Aslında bu absorpsiyon bandının, GO yapısına entegre edilen su moleküllerinin bükülme modlarından kaynaklandığı kanıtlanmıştır (Dimiev & Eigler, 2016).

Parmak izi bölgesindeki bantların atanmaları, farklı fonksiyonel gruplardan çoklu bantların üst üste binmesi nedeniyle daha zordur. Yukarıda tartışılan iki bandın aksine, parmak izi bölgesindeki bantların bildirilen konumları ve yoğunlukları yöntemsel olarak değişmektedir (Dimiev, Alemany & Tour, 2013; Pendolino, Parisini & Lo Russo, 2014; Ambrosi & ark., 2012; Seredych & Bandosz, 2010). Parmak izi bölgesindeki en yoğun bant, 1039-1060 cm^{-1}'de rapor edilmiştir. Enstrümantasyona böylesine büyük bir fark atfetmek doğru olmayabilir. Bu farkın GO yapısındaki farkla ilgili olması mümkündür. İlginç bir şekilde, bu fark GO hazırlığı için kullanılan yöntemle ilgisizdir. Bu aralıkta oluşan bandı epoksi halkalara atayan birçok çalışma olmasına rağmen epoksi halkalar ~1220 cm^{-1}'de absorplanırlar. Böylece bu bandın ataması da karışık bir durum arz etmektedir. Parmak izi bölgesinde bildirilen diğer güçlü absorpsiyon bantları 1368 ve 1420 cm^{-1}'dir. Bu bantlar, sırasıyla üçüncül C-OH gruplarının bükülme modlarına (Szabó, T., et al. 2006; Dimiev, A. M., et al. 2013) ve hidrojen bağlarında O-H'nin hidroksil, epoksi veya sülfat gruplarının hetero atomlarına olan deformasyon modlarına (Seredych & Bandosz, 2010) atanmıştır. Bu bantlardan başka GO'nun FTIR spektrumunda yaklaşık 2100 cm^{-1} ve 2340 cm^{-1} civarında da oluşan bantların sırasıyla karboksil grubuna ve karbondiksite atandıkları birçok çalışmada bulunmaktadır. Bununla birlikte, parmak izi bölgesinde açıklanan tüm bu atamaların spekülatif olduğu da bilinmelidir, yani kesin bir doğrulama yapılamamıştır.

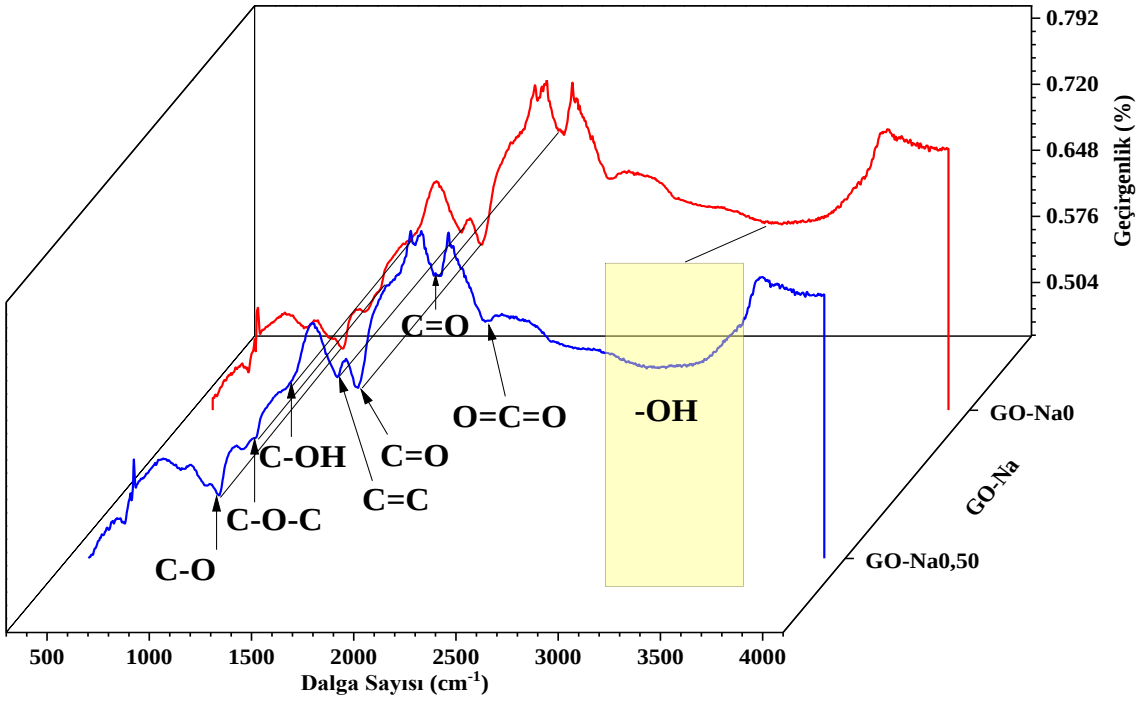
Grafitin FTIR spektrumunda, herhangi bir fonksiyonel grupla ilgili önemli pikler yoktur, ancak adsorbe edilen su moleküllerine atanabilen bantlar ortaya çıkabilir. Grafitin hibridize edilmiş sp^2 karbon atomlarının oksidasyon ile tahrip edilerek hegzagonal grafit karbon iskeletine oksijen içeren fonksiyonel grupların yerleşmesiyle oluşan iki boyutlu (2D) bir yapı olarak grafen oksit karşımıza çıkmaktadır (Dimiev & Eigler, 2016).

Bu değerlendirmeler ışığında tipik bir GO sentezinin FTIR spektrumları, Laçin & Şamiloğlu, tarafından yapılan bir proje çalışmasından alınmıştır (Laçin & Şamiloğlu, 2021). Şekil 6, grafitin FTIR spektrumunu göstermektedir. Şekil 7, ön oksidasyonsuz Hummers yöntemi ile sentezlenen GO olup $NaNO_3$'ın artan konsantrasyonuna göre sırasıyla, GO-Na0 ve GO-Na0,50 kodları verilmiştir. Şekil 8, ön oksidasyonlu Hummers yöntemi ile sentezlenen GO olup 40 dk dondurucuda bekletilerek ve hiç dondurucuda bekletilmeyerek iki çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamadan sentezlenen 2 GO numunesine, GO-ÖD40 ve GO-ÖD0 kodları verilmiştir. Şekil 9, ön oksidasyonlu Hummers yöntemi ile sentezlenen GO olup $NaNO_3$'ın artan konsantrasyonuna göre sırasıyla, GO-ÖNa0 ve GO-ÖNa0,50 kodları verilmiştir. Şekil 10, ön oksidasyonlu Hummers yöntemi ile sentezlenen GO olup ultrasonifikasyon süresi 60-90 dk olarak değiştirilerek sentezlenen

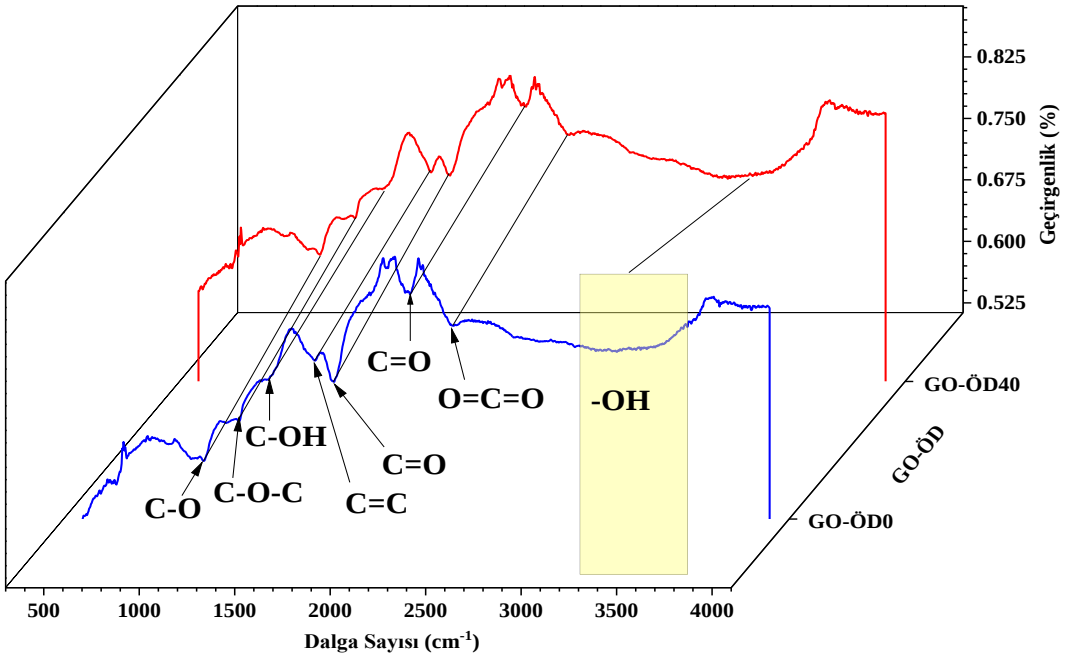
2 GO numunesine, GO-ÖU60 ve GO-ÖU90 kodları verilmiştir. Şekil 11, ön oksidasyonlu Hummers yöntemi ile sentezlenen GO olup olgunlaştırma süresi 2 ve 4 saat olarak değiştirilerek sentezlenen 2 GO numunesine, GO-ÖO2 ve GO-ÖO4 kodları verilmiştir. Şekil 12, ön oksidasyonlu Hummers yöntemi ile sentezlenen GO olup karıştırma hızı 350 ve 500 rpm olarak değiştirilerek sentezlenen 2 GO numunesine, GO-ÖK350 ve GO-ÖK500 kodları verilmiştir.



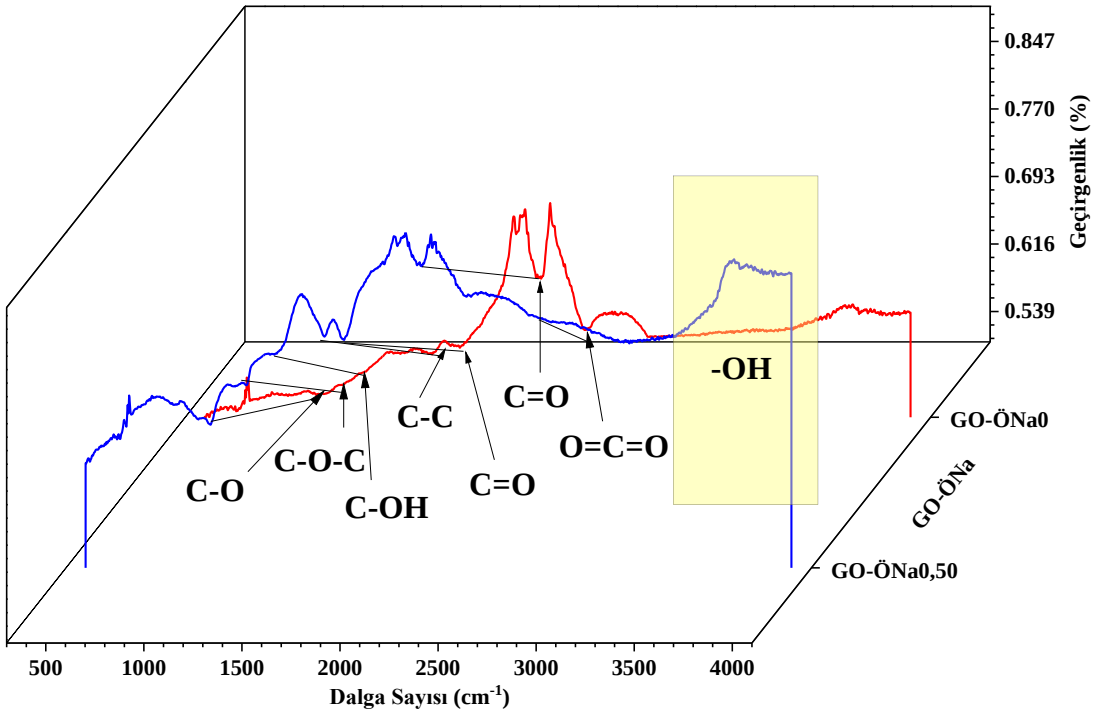
Şekil 6 Grafitin FTIR Spektrumu



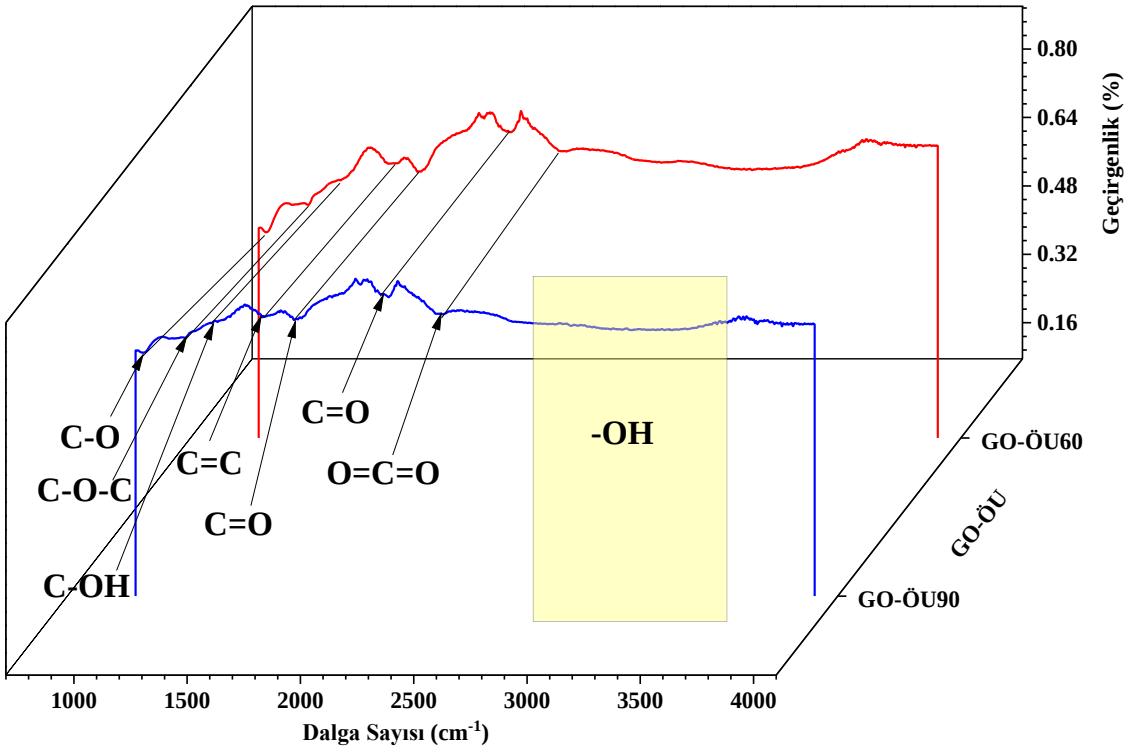
Şekil 7 GO-Na FTIR Spektrumları



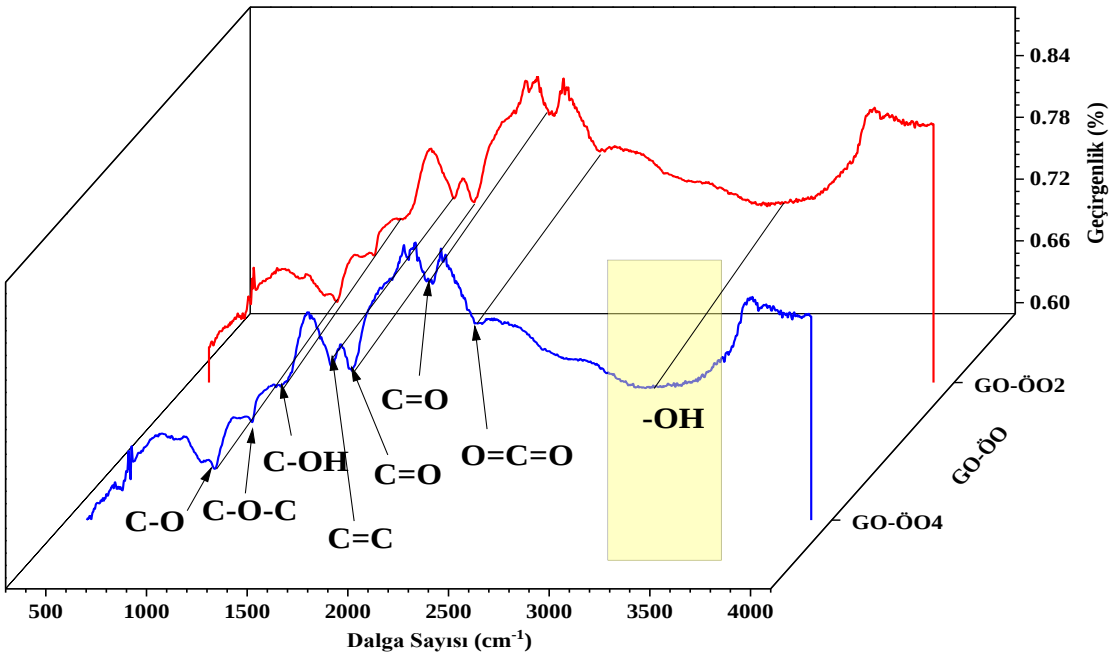
Şekil 8 GO-ÖD FTIR Spektrumları



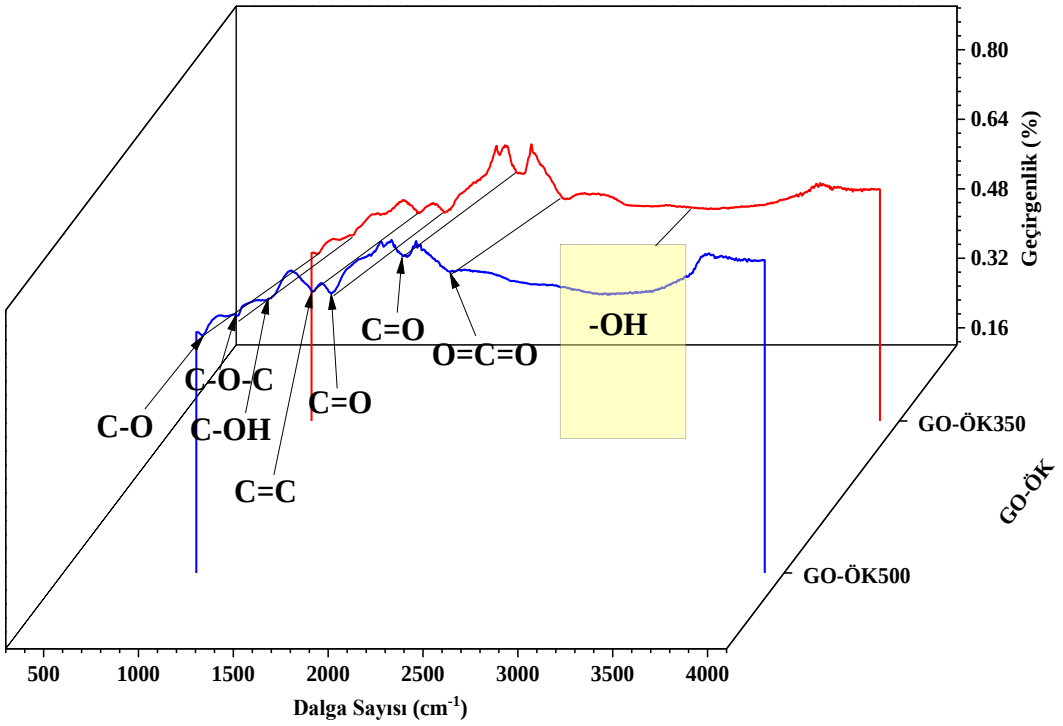
Şekil 9 GO-ÖNa FTIR Spektrumları



Şekil 10 GO-ÖU FTIR Spektrumları



Şekil 11 GO-ÖO FTIR Spektrumları



Şekil 12 GO-ÖK FTIR Spektrumları

Tablo 1a GO Sentezlerinin FTIR Sonuçları

Dalga Sayısı (cm^{-1})								Fonksiyonel Grup
GO-Na0	**GO-Na0,50**	**GO-ÖD40**	**GO-ÖD0**	**GO-ÖNa0**	**GO-ÖNa0,50**	**GO-ÖU60**	**GO-ÖU90**	
1033	1036	1035	1033	1026	1030	1030	1028	C-O alkoksi gerilme titreşimi
1214	1212	1214	1216	1214	1212	1218	1222	C-O-C epoksi gerilme titreşimi
1338	1338	1340	1338	1338	1340	1350	1348	C-OH bükülme titreşimi
1616	1612	1616	1616	1614	1614	1560	1570	C=C sp^2 hibridize gerilme titreşimi
1716	1718	1718	1718	1712	1716	1712	1714	C=O karbonil gerilme titreşimi
2094	2092	2096	2094	2092	2096	2100	2100	C=O karboksil gerilme titreşimi
2341	2341	2341	2343	2341	2343	2343	2341	Atmosferik O=C=O gerilme titreşimi
3000-3700	3000-3700	3000-3700	3000-3700	3000-3700	3000-3700	3000-3700	3000-3700	-OH gerilme titreşimi

Tablo 1b. GO Sentezlerinin FTIR Sonuçları

Dalga Sayısı (cm^{-1})				**Fonksiyonel Grup**
GO-ÖO2	**GO-ÖO4**	**GO-ÖK350**	**GO-ÖK500**	
1035	1035	1030	1035	C-O alkoksi gerilme titreşimi
1216	1216	1222	1214	C-O-C epoksi gerilme titreşimi
1342	1338	1350	1340	C-OH bükülme titreşimi
1614	1616	1580	1616	C=C sp^2 hibridize gerilme titreşimi
1718	1718	1712	1718	C=O karbonil gerilme titreşimi
2092	2096	2102	2096	C=O karboksil gerilme titreşimi
2341	2341	2340	2341	Atmosferik O=C=O gerilme titreşimi
3000-3700	3000-3700	3000-3700	3000-3700	-OH gerilme titreşimi

Bu açıklamalar ışığında Şekil 5-12 ve Tablo 1a-b'den elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Kimyasal oksidasyon ve exfoliasyondan sonra FTIR spektrumlarında oksijen içeren fonksiyonel gruplara atfedilen yeni bantlar ortaya çıkmıştır. Bu bant aralıkları literatürle uyum içerisinde olduğundan başarılı şekilde grafen oksit sentezlendiği söylenebilir.
- Grafitin FTIR spektrumunda, herhangi bir fonksiyonel grupla ilgili anlamlı pikler gözlenmemiştir. Ancak adsorbe edilen su ve karbondioksitten dolayı 2100-2500 cm^{-1} bant aralığında pikler gözlendi.
- Alkoksi (C-O) grubunun varlığı titreşim modunun 1026-1036 cm^{-1} band aralığında gerilmesiyle ortaya çıkmıştır (oksijen içeren fonksiyonel gruplarının varlığını doğrular).
- Epoksi (C-O-C) grubunun varlığı titreşim modunun 1214-1222 cm^{-1} band aralığında gerilmesiyle ortaya çıkmıştır (oksijen içeren fonksiyonel gruplarının varlığını doğrular). Fakat GO-Na0, ve GO-ÖNa0 sentezlerinde bu band için belirgin bir pik gözlenmemiştir.
- Hidroksil grubunun varlığı titreşim modunun 1338- 1350 cm^{-1} band aralığında bükülmesiyle ortaya çıkmıştır. Fakat GO-Na0, GO-Na0,50, GO-ÖNa0, GO-ÖU60 ve GO-ÖU90 sentezlerinde bu band için belirgin bir pik gözlenmemiştir.
- Oksidasyon işleminden sonra yapıda hala mevcut olan sp^2 hibridize karbon (C-C/C=C) atomlarının varlığı (GO-ÖU60,GO-ÖU90 ve GO-ÖK350 hariç) 1612-1616 cm^{-1} band aralığında gerilmesiyle ortaya çıkmıştır.
- Karbonil grubunun titreşim modunun 1706-1718 cm^{-1} band aralıklarında gerilmesiyle ortaya çıkmıştır (oksijen içeren fonksiyonel gruplarının varlığını doğrular).

- Karboksil grubunun titreşim modunun 2092-2100 cm^{-1} band aralıklarında gerilmesiyle ortaya çıkmıştır (oksijen içeren fonksiyonel gruplarının varlığını doğrular).
- Atmosferik karbondioksitin varlığı 2340-2343 cm^{-1} band aralığında gerilmesiyle ortaya çıkmıştır.
- Absorplanan su molekülleri, -OH gerilmesine katkıda bulunan 3000-3700 cm^{-1} arasında geniş bir band aralığında tepe şeklinde ortaya çıkmıştır. Bu, grafit ve su molekülleri arasında hidrojen bağlarının oluşmasına neden olup hidrofilik özellik göstermesine neden olmuştur.

Sonuç

Literatürde şimdiye kadar yapılan GO sentezlerinde, oksidasyondan sonra yapıya bağlanan oksijen içeren fonksiyonel grupların türleri, miktarları ve karbon ağı üzerindeki konumları, farklı sentez şartlarından dolayı önemli ölçüde değiştiğinden dolayı GO'nun stokiometrisi hala belirsizliğini korumaktadır. Grafen oksitin özellikleri, morfolojisine, doğasına ve reaksiyon şartlarına bağlı olduğundan farklı şartlarda sentezlenen grafen oksitin özellikleri de farklı olmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı GO, çok geniş uygulama alanlarına sahip olup çok büyük talep görmektedir.

GO'nun artan talebini azaltabilmek, süreci daha kolay, daha saf, daha az zaman ve daha az enerjili bir hale getirebilmek için, Hummers yöntemiyle GO sentezindeki, reaktifler ve/veya proses şartlarına çeşitli modifikasyonlar yapılarak farklı özelliklere sahip 2 boyutlu GO sentezleri elde edilmiştir. Bütün deneylerde toplam reaksiyon süresi, ortalama 4 saate düşürülmüştür. Ara katmanlarda safsızlık olarak bulunan azot türevli bileşiklerin azaltılması veya hiç olmaması için $NaNO_3$ konsatrasyonu değiştirilmiştir. Az katmanlı GO'yu sentezleyebilmek için sonikasyon destekli mekanik kimyasal yaklaşımla örneklerin sentezi yoluna gidilmiştir. GO sentezinde, örneğin dondurucuda beklemesinin, olgunlaştırma süresinin ve karıştırma hızının etkileri incelenmiştir. Hummer yöntemi kullanılmadan önce, $K_2S_2O_8$ ve P_2O_5 kimyasallarının kullanılmasıyla grafiti, genişletilmiş grafite dönüştürerek grafit oksit tabakalarının daha kolay deformasyonuna neden olup olmayacağı incelenmiştir.

Tipik bir GO FTIR spektrumu keyfi olarak aşağıdaki üç karakteristik bölgede incelenmesi gerekir. 1) 3600-2400 cm^{-1} bölgesinde yoğun ve çok geniş bir absorpsiyon bandı, O–H bağlarının gerilme modlarıdır. Teorik olarak bu band, üçüncül alkoller ve GO yapısına dahil edilen su molekülleri olmak üzere iki farklı türden kaynaklanır. 2) Spektrumun ortasındaki 1723 cm^{-1} ve 1619 cm^{-1}'deki absorpsiyon bantları, GO-FTIR spektrumlarının imzası niteliğinde olup bu iki bant, sentezlenen tüm GO'larda görülmelidir. 3) Parmak izi bölgesindeki bantların atanmaları, farklı fonksiyonel gruplardan çoklu bantların üst üste binmesi nedeniyle daha zordur. Bantların bildirilen konumları ve yoğunlukları yöntemsel olarak değişmektedir. Bununla birlikte, parmak izi bölgesinde açıklanan tüm bu atamaların spekülatif olduğu da bilinmelidir, yani şimdiye kadar kesin bir doğrulama yapılamamıştır.

KAYNAKÇA

Alam, S. N., Sharma, N. & Kumar, L. (2017) Synthesis of graphene oxide (GO) by modified hummers method and its thermal reduction to obtain reduced graphene oxide (rgo). *Graphene* 6(01): 1-18. DOI: 10.4236/graphene.2017.61001

Al-Gaashani, R., Najjar, A., Zakaria, Y., Mansour, S., & Atieh, M. A. (2019) XPS and structural studies of high quality graphene oxide and reduced graphene oxide prepared by different chemical oxidation methods. *Ceramics International*, *45*(11), 14439-14448. doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.04.165

Ambrosi, A., Chua, C. K., Bonanni, A., & Pumera, M. (2012) Lithium aluminum hydride as reducing agent for chemically reduced graphene oxides. *Chemistry of Materials*, *24*(12), 2292-2298. doi.org/10.1021/cm300382b

Arseven, M. (2011). *"Polikristalin bakır folyo üzerinde grafen sentezi."* Ankara: Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi.

Becerril, H. A., Mao, J., Liu, Z., Stoltenberg, R. M., Bao, Z., & Chen, Y. (2008) Evaluation of solution-processed reduced graphene oxide films as transparent conductors. *ACS nano*, *2*(3), 463-470. doi.org/10.1021/nn700375n

Boehm, H. P., Clauss, A., Fischer, G. O., & Hofmann, U. (1962) Dünnste kohlenstoff folien.

Zeitschrift Für Naturforschung B, *17*(3), 150-153. doi.org/10.1515/znb-1962-0302

Brodie, B. C. (1859) XIII. On the atomic weight of graphite. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (149): 249-259. doi.org/10.1098/rstl.1859.0013

Büyüksırıt, T., & Kuleaşan, H. (2014) Fourıer Dönüşümlü Kızılötesi (Ftır) Spektroskopisi Ve Gıda Analizlerinde Kullanımı. *Gıda/The Journal of FOOD*, *39*(4). doi: 10.5505/gida.43434

Chen, J., Yao, B., Li, C., & Shi, G. (2013) An improved Hummers method for eco-friendly synthesis of graphene oxide. *Carbon* 64: 225-229. doi.org/10.1016/j.carbon.2013.07.055

Chen, J., Li, Y., Huang, L., Li, C., & Shi, G. (2015) High-yield preparation of graphene oxide from small graphite flakes via an improved Hummers method with a simple purification process. *Carbon*, *81*, 826-834. doi.org/10.1016/j.carbon.2014.10.033

Chen, J., Chi, F., Huang, L., Zhang, M., Yao, B., Li, Y., ... & Shi, G. (2016) Synthesis of graphene oxide sheets with controlled sizes from sieved graphite flakes. *Carbon*, *110*, 34-40. doi.org/10.1016/j.carbon.2016.08.096

Chua, C. K., & Pumera, M. (2014) Chemical reduction of graphene oxide: a synthetic chemistry viewpoint. *Chemical Society Reviews*, *43*(1), 291-312. DOI: 10.1039/C3CS60303B

Dimiev, A. M., Alemany, L. B., & Tour, J. M. (2013) Graphene oxide. Origin of acidity, its instability in water, and a new dynamic structural model. *ACS nano*, *7*(1), 576-588. doi.org/10.1021/nn3047378

Dimiev, A. M., & Eigler, S. (Eds.). (2016). *Graphene oxide: fundamentals and applications*. John Wiley & Sons.

Dreyer, D. R., Park, S., Bielawski, C. W., & Ruoff, R. S. (2010) Graphite oxide. *Chem. Soc. Rev*, *39*, 228-240. DOI: 10.1039/B917103G

Dresselhaus, G. & S. Riichiro (1998). *Physical properties of carbon nanotubes*, World scientific.

Hanifah, M. F. R., Jaafar, J., Othman, M. H. D., Ismail, A. F., Rahman, M. A., Yusof, N., ... & Aziz, F. (2019) Facile synthesis of highly favorable graphene oxide: Effect of oxidation degree

on the structural, morphological, thermal and electrochemical properties. *Materialia*, *6*, 100344. doi.org/10.1016/j.mtla.2019.100344

Hofmann, U. And R. Holst (1939) Über die Säurenatur und die Methylierung von Graphitoxyd. *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft (A and B Series)* 72(4): 754-771. doi.org/10.1002/cber.19390720417

Huang, X., Qi, X., Boey, F., & Zhang, H. (2012) Graphene-based composites. *Chemical Society Reviews*, *41*(2), 666-686. *DOI*: 10.1039/C1CS15078B

Hummers Jr, W. S. And R. E. Offeman (1958) Preparation of graphitic oxide. *Journal of the American Chemical Society* 80(6): 1339-1339. *doi*:10.1021/ja01539a017

Kim, F., Cote, L. J., & Huang, J. (2010) Graphene oxide: surface activity and two-dimensional assembly. *Advanced Materials*, *22*(17), 1954-1958. doi.org/10.1002/adma.200903932

Krishnamoorthy, K., Veerapandian, M., Yun, K., & Kim, S. J. (2013) The chemical and structural analysis of graphene oxide with different degrees of oxidation. *Carbon*, *53*, 38-49. doi.org/10.1016/j.carbon.2012.10.013

Laçin, Ö., & Şamiloğlu, G. (2021) *Hummers Yönteminin Modifiye Edilmesiyle 2 Boyutlu Grafen Oksit Üretimi ve Karakterizasyonu*, TAP, FBA-2018-6814.

Laçin, Ö. (2022). Yeni Bir Yaklaşımla Elde Edilen Grafen Oksit Sentezlerinde SEM ve TEM Analizleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (39), 76-79*. *doi.org/10.31590/ejosat.1137870*

Lerf, A., Klinowski, J., He, H. & Riedl, T. (1996) Solid-state NMR studies of the structure of graphite oxide. *The Journal of physical chemistry*, *100*(51), 19954-19958. doi.org/10.1021/jp961563t

Lightcap, I. V. & P. V. Kamat (2012) Graphitic design: prospects of graphene-based nanocomposites for solar energy conversion, storage, and sensing. *Accounts of chemical Research* 46(10): 2235-2243. doi.org/10.1021/ar300248f

Lin, S.Y. & S.L. Wang (2012) Advances in simultaneous DSC–FTIR microspectroscopy for rapid solid-state chemical stability studies: some dipeptide drugs as examples. *Advanced drug delivery reviews* 64(5): 461-478. doi.org/10.1016/j.addr.2012.01.009

Marcano, D. C., Kosynkin, D. V., Berlin, J. M., Sinitskii, A., Sun, Z., Slesarev, A., ... & Tour, J. M. (2010) Improved synthesis of graphene oxide. *ACS nano*, *4*(8), 4806-4814. doi.org/10.1021/nn1006368

Nakajima, T., Mabuchi, A., & Hagiwara, R. (1988) A new structure model of graphite oxide. *Carbon*, *26*(3), 357-361. doi.org/10.1016/0008-6223(88)90227-8

Neto, A. C., Guinea, F., Peres, N. M., Novoselov, K. S., & Geim, A. K. (2009) The electronic properties of graphene. *Reviews of modern physics* 81(1): 109. doi.org/10.1103/RevModPhys.81.109

Noguchi, T. And T. Noguchi (2001). Detection of protein-cofactor interactions by means of Fourier transform infrared spectroscopy. Riken Review: 41-42.

Paulchamy, B., Arthi, G., & Lignesh, B. D. (2015) A simple approach to stepwise synthesis of graphene oxide nanomaterial. *J Nanomed Nanotechnol* 6(1): 1. DOI: 10.4172/2157-7439.1000253

Paredes, J. I., Villar-Rodil, S., Martínez-Alonso, A., & Tascon, J. M. D. (2008). Graphene oxide dispersions in organic solvents. *Langmuir*, *24*(19), 10560-10564. doi.org/10.1021/la801744a

Pei, S., & Cheng, H. M. (2012) The reduction of graphene oxide. *Carbon*, *50*(9), 3210-3228. doi.org/10.1016/j.carbon.2011.11.010

Pendolino, F., Parisini, E., & Lo Russo, S. (2014) Time-dependent structure and solubilization kinetics of graphene oxide in methanol and water dispersions. *The Journal of Physical Chemistry C*, *118*(48), 28162-28169. doi.org/10.1021/jp506360f

Peng, L., Xu, Z., Liu, Z., Wei, Y., Sun, H., Li, Z., ... & Gao, C., (2015) An iron-based green approach to 1-h production of single-layer graphene oxide. *Nature communications* 6: 5716. DOI: 10.1038/ncomms6716

Pyun, J. (2011) "Graphene oxide as catalyst: application of carbon materials beyond nanotechnology." Angewandte Chemie International Edition 50(1): 46-48. doi.org/10.1002/anie.201003897

Ruess, G. (1947) Über das graphitoxyhydroxyd (graphitoxyd). *Monatshefte für Chemie und verwandte Teile anderer Wissenschaften*, *76*(3-5), 381-417.

Scholz, W., & Boehm, H. P. (1969).Untersuchungen am graphitoxid. VI. Betrachtungen zur struktur des graphitoxids. *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, *369*(3-6), 327-340. doi.org/10.1002/zaac.19693690322

Seredych, M., & Bandosz, T. J. (2010) Combined role of water and surface chemistry in reactive adsorption of ammonia on graphite oxides. *Langmuir*, *26*(8), 5491-5498. doi.org/10.1021/la9037217

Shamaila, S., Sajjad, A. K. L., & Iqbal, A. (2016) Modifications in development of graphene oxide synthetic routes. *Chemical Engineering Journal* 294: 458-477. doi.org/10.1016/j.cej.2016.02.109

Stankovich, S., Piner, R. D., Nguyen, S. T., & Ruoff, R. S. (2006) Synthesis and exfoliation of isocyanate-treated graphene oxide nanoplatelets. *Carbon*, *44*(15), 3342-3347. doi.org/10.1016/j.carbon.2006.06.004

Staudenmaier, L. (1898). *Verfahren zur darstellung der graphitsäure.* Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 31(2): 1481-1487.

Sun, L. And B. Fugetsu (2013) Mass production of graphene oxide from expanded graphite. Materials Letters 109: 207-210. doi.org/10.1016/j.matlet.2013.07.072

Szabó, T., Berkesi, O., Forgó, P., Josepovits, K., Sanakis, Y., Petridis, D., & Dékány, I. (2006) Evolution of surface functional groups in a series of progressively oxidized graphite oxides. *Chemistry of materials*, *18*(11), 2740-2749. doi.org/10.1021/cm060258+

Tiyek, İ., Dönmez, U., Yıldırım, B., Alma, M. H., Ersoy, M. S., & Karataş, Ş. (2016) Kimyasal yöntem ile indirgenmiş grafen oksit sentezi ve karakterizasyonu. *Sakarya University Journal of Science* 20(2): 349-357.

Vryonis, O., Andritsch, T., Vaughan, A. S., & Lewin, P. L. (2019) An alternative synthesis route to graphene oxide: influence of surface chemistry on charge transport in epoxy-based composites. *Journal of Materials Science*, *54*(11), 8302-8318. doi.org/10.1007/s10853-019-03477-w

Xu, C., Shi, X., Ji, A., Shi, L., Zhou, C., & Cui, Y. (2015) Fabrication and characteristics of reduced graphene oxide produced with different green reductants. *PloS one*, *10*(12), e0144842. doi.org/10.1371/journal.pone.0144842

Yadav, N., & Lochab, B. (2019) A comparative study of graphene oxide: Hummers, intermediate and improved method. *FlatChem*, *13*, 40-49. doi.org/10.1016/j.flatc.2019.02.001

Yan, H., Tao, X., Yang, Z., Li, K., Yang, H., Li, A., & Cheng, R. (2014) Effects of the oxidation degree of graphene oxide on the adsorption of methylene blue. *Journal of hazardous materials* 268: 191-198. doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.01.015

Zaaba, N. I., Foo, K. L., Hashim, U., Tan, S. J., Liu, W. W., & Voon, C. H. (2017) Synthesis of graphene oxide using modified hummers method: solvent influence. *Procedia engineering*, *184*, 469-477. doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.118

Zhang, Q., Liu, C., Sun, Z., Hu, X., Shen, Q., & Wu, J (2012) Authentication of edible vegetable oils adulterated with used frying oil by Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Food chemistry* 132(3): 1607-1613. doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.129

Zhao, J., Liu, L., & Li, F. (2015). *Graphene oxide: physics and applications* (Vol. 1, p. 161). London, UK:: Springer.

Zhu, Y., Stoller, M. D., Cai, W., Velamakanni, A., Piner, R. D., Chen, D., & Ruoff, R. S. (2010) Exfoliation of graphite oxide in propylene carbonate and thermal reduction of the resulting graphene oxide platelets. *ACS nano*, *4*(2), 1227-1233. doi.org/10.1021/nn901689k

Osteoporotik Omurga Kompresif Kırıklarının Tedavisinde Perkütan Yöntemler

Engin YÜCEL

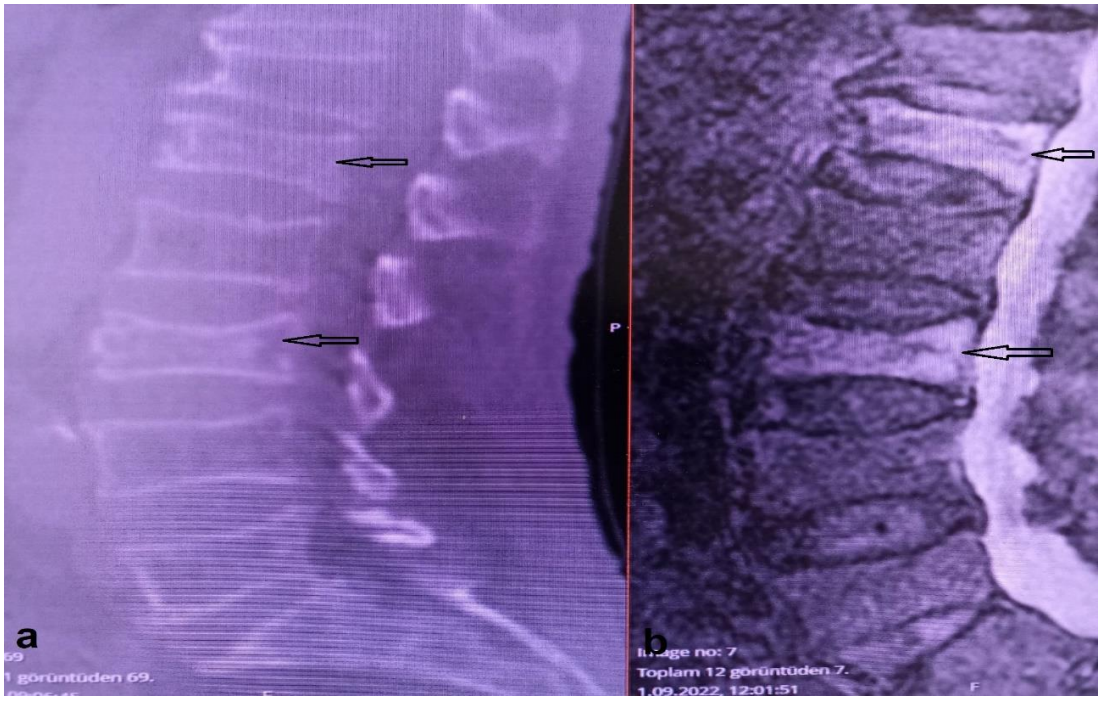
Giriş

Osteoporoz, kemik kitlesinde azalma, kemik mineralizasyonunda bozulma ve sonuç olarak iskelet kırılganlığının artması olarak tanımlanabilir. Osteoporoz, artan sayıda osteoporotik vertebra kırıklarına katkıda bulunan bir halk sağlığı sorunudur (1). Başlıca, menapoz sonrası beyaz ırktaki kadınlarda görülür ve menapoz öncesi nadirdir (2). Osteoporoz, Dünya Sağlık Örgütü tarafından şu şekilde tanımlanır. Kemik mineral yoğunluğunda (BMD) 2,5'ten fazla standart sapma azalması (T skoru $\leq -2,5$). BMD, femur kemiği boynundan çift x-ışını absorpsiyonu ile ölçülür.

Normal omurga yaşlanması, çeşitli kompansasyon mekanizmaları ile dengelenir. Lomber lordoz, sagittal düzlemde tüm omurganın yükünü çeker. Osteoporotik bir omurgada kırıklar yüklenmenin en çok olduğu bu bölgede olur. Yaşlı hastaların geriatrik takibinde düşme ve kırılma riski değerlendirilmelidir. Kırık risk değerlendirme aracı (FRAX- Fracture Risk Assessment Toll score) kullanılabilir. Bu skorlamada, yaş, etnik köken, menopoz yaşı, kırık öyküsü, vücut kitle indeksi, görme sorunları, nöromüsküler hastalık, belirli ilaç tedavileri, alkol alımı ve tütün bulunur. Bu skorlama osteoporotik hastanın, 10 yıl içinde kırık geçirme riskini ortaya koyarak, osteoporoza yönelik ilaç tedavisi gerekliliğini belirleyebilir (3).

Semptomlar ve Tanı

Omurga kırıklarında en yaygın belirti (%85) dorsal bölgede ağrıdır. Nörolojik belirtiler nadir olsa da gözden kaçırılmamalıdır. Tanıda en önemli sorular şunlardır. Kırık yeni mi yoksa kronik mi? Bu bir osteoporotik kırık mı yoksa başka bir tümör metastazına bağlı bir kırık mı? Birden fazla seviye hasar görmüş mü? Konvansiyonel radyografi ile değerlendirilen hastanın, ayakta olması ve ön-arka, yan grafilerin tüm omurga kolonunu içine alacak şekilde çekilmesi önemlidir. Osteoporotik kırık ilk defa Genant tarafından kama, bikonkav ve çökme şeklinde, derecesi de hafif-orta-şiddetli olarak tanımlanmıştır (4). Günümüzde Bilgisayarlı Tomografi (BT) kolay erişilebilmesi nedeniyle ilk uygulanan tetkik olmuştur. Omurgadaki pedikül kırıklarını, spinal kanala kemik kırığı basısını göstermeye, dolayısıyla tedavi prosedürünün planlamasını sağlar. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) kırığın süresi hakkında bilgi verir. MRG, T2, STIR sekansta, omurga korpusundaki hiperintensite kırığın yeni (ilk 3 ay içinde) olduğu konusunda şekil 1a ve 1b de olduğu gibi bilgi verir ve hastanın kifoplasti veya vertebroplasti için uygun bir hasta olduğunu gösterir.



Şekil 1a. Bilgisayarlı tomografide L1 ve L3 osteoporotik çökme kırıkları

Şekil 1b. Manyetik rezonans görüntülemede T2 STIR sekansta L1 ve L3 vertebrasındaki hiperintensite

Tedavi

Konservatif tedavi kifotik açılanmanın 20 dereceden, çökme yüzdesinin de %25'den az olduğu hastalarda uygulanabilir (1). Bu tedavi 3 ay süre ile korse kullanımı ve hareketsiz kalma şeklindedir. Analjezik tedavi ve osteoporoz tedavisi ile desteklenmelidir. Ancak korse kullanımı yaşlı hastalar tarafından çok da tolere edilemez. Bu nedenle kırığın takibi ağrının kötüye gitmesinin sorgulanması ve periyodik olarak görüntüleme yapılmasını gerektirir.

Perkütan vertebral sementoplasti yöntemleri, başlangıçta vertebral angiomlar için kullanılmış, sonrasında osteoporotik vertebra kırıklarına uyarlanmıştır. Sementoplasti, skopi eşliğinde pedikülden bir kanül ile girilerek, direkt vertebra korpusuna polimetilmetakrilat (PMMA) verilmesi veya vertebra korpusunun bir balon yardımıyla yükseltilmesi sonrası PMMA şeklinde yapılabilir. Direkt PMMA verilmesine vertebroplasti, balon ile vertebrada kavite oluşturulması ve vertebra korpus yüksekliğini artırılması sonrası PMMA verilmesine şekil 2a ve 2b de olduğu gibi balon kifoplasti yöntemi denilir. Bu tekniklerin en önemli avantajı, birkaç seviyeli omurga kırıklarına müdahale edilebilmesi, PMMA nın ısı ve omurgayı polimerize etme etkisi ile omurga korpusunda ağrıya duyarlı nöral yapıyı nekrotize ederek ağrıyı azaltması, hastanın işlem sonrası bel desteği olmadan mobilize olabilmesidir. Kontrendike durumlar ise hastada nörolojik defisit olması ve radyolojik incelemede korpus arka duvarının bütünlüğünün bozulup spinal kanal içerisine kemik bası olmasıdır. İşlem sırasında PMMA sızıntısı riski yüksektir ancak genelde asemptomatiktir. Genellikle PMMA nın fazla akışkan olması nedeniyle olur, sement hazırlama süresine uyulması ve kontrollü sement verme ile sızıntı riski azaltılabilir. Sinir köküne PMMA teması riski % 3, pulmoner emboli riski % 1'dir (1). Balon kifoplasti (vertebra korpusunda geçici balon şişirilmesi ve korpus yüksekliğinin yeniden kazanılması) veya vertebra korpus stentleri (kalıcı, aka septoplasti), vertebra korpusunda kavitasyon oluşturur. Sonrasında korpusa şekil 3 de olduğu gibi kontrollü PMMA uygulanır (7). Balon kifoplasti ile vertebra korpusunda kavite oluştuğundan daha fazla PMMA kullanılır bu da işlem sonrası komşu vertebralarda kırık oluşturma riskini vertebroplastiden daha fazla artırır. Konvansiyonel vidalama yöntemleri (vida içinden sement verilebilen vidalar tercih

edilebilir), omurganın patlama(burst) kırıklarında, sinir dokusunun dekomprese edilmesi gerektiğinde, anterior yaklaşım (ya da kombine yaklaşım) gerekliliğinde uygulanmalıdır. Sementoplasti yöntemleri, kırık omurgayı ve/veya vida takılan omurgayı güçlendirmek amaçlı kombine olarak kullanılabilir (8).

Sementoplasti, ilk 6 ayda konservatif tedaviden daha hızlı ağrı kontrolü sağlar (5). Chen ve arkadaşları, tek taraflı vertebroplasti yönteminin daha kısa sürmesi, daha az PMMA kullanılması ve iki taraflı girişim ile klinik sonuçlar arasında fark olmadığını öne sürmüşlerdir (6).

Osteoporotik omurga kırıklarının tedavisi şu şekilde özetlenebilir:

- deformite şiddetli değilse (< 25° vertebral kifoz ve < %25 yükseklik kaybı) ve ağrı orta düzeyde ise sırt desteği immobilizasyonu ve analjezikler ile konservatif tedavi uygundur.

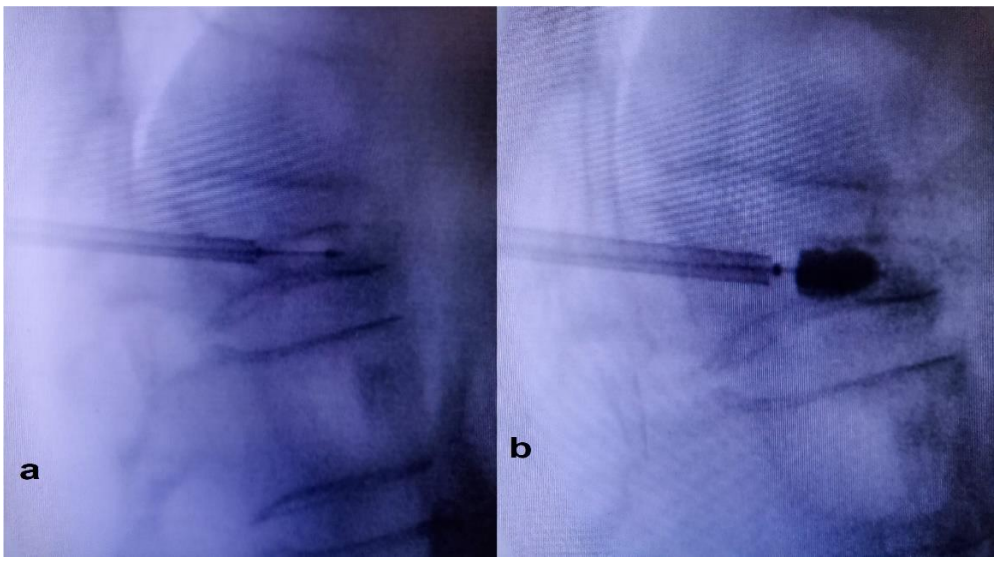
- T2 STIR hiperintensiteli, belirgin ağrılı, minimal deforme omurga veya osteonekroz belirtileri olan eski osteoporotik omurga kırığı = vertebroplasti;

- ilerleyici radyolojik deformite ve kötüleşen semptomlar = vertebral stabilizasyon (Pedikül vidaları, koronal ve sagital redüksiyon için mükemmel stabilite sağlar. Ancak osteoporoz ile vida tutuşu arasında doğrudan bir ilişki vardır) (9)

- patlama kırığı = anterior destekle posterior stabilizasyon (anterior veya posterior yaklaşımla sementoplasti);

- nörolojik defisit varlığı = sinir dekompresyonu, posterior stabilizasyon ve anterior destek (posterior yoldan veya anterior yaklaşımla sementoplasti).

Sementoplasti işleminden sonraki en büyük sorun komşu omurgada kırık oluşmasıdır. Balon kifoplastiden sonra bu riskin %10-38 olduğu tahmin edilmektedir (10). Komşu omuga kırıklarının patofizyolojisi tam olarak tanımlanmamıştır. Kısmen vertebral çökme miktarı ve kifoz deformitesinin derecesi ile ilgilidir, fakat aynı zamanda çimento sızıntılarının varlığı veya aşırı miktarda çimento enjekte edilmesiyle de ilişkilidir. Takahashi ve ark. (10), balon kifoplasti yaptıktan sonra komşu vertebral cisim kırığını öngörmek için bir skor geliştirmişlerdir. Torasik veya torakolomber kırık, eski bir kırık varlığı, başlangıçtaki kifoz deformitesi > 25° ve deformite redüksiyonu > 10° durumlarında risk artar. Vertebral end plate çökmesi, yukarıdaki diskteki basıncı değiştirir ve artan sıkıştırma kuvvetleri, artan kırık riskinden sorumludur.



Şekil 2a. Kanül yardımıyla, transpediküler yaklaşımla osteoporotik kırık omurga gövdesine ulaşılması

Şekil 2b. Balon yardımıyla kırık omurga içerisinde kavite oluşturulması ve omurga yüksekliğinin arttırılması



Şekil 3. Balon kifoplasti yöntemiyle omurga korpuslarına PMMA uygulanma sonrası bilgisayarlı tomografi görüntüsü

Sonuç

En iyi tedaviyi seçmek, hastanın tedavi öncesi kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi ile sağlanır. Tedaviye başlamadan önce potansiyel komplikasyonları tahmin etmek hayati önem taşır. Son olarak, osteoporozun farmasötik tedavisi, özellikle yeni kırıkları önlemek için önemli bir unsurdur.

KAYNAKÇA

Prost S., Pesenti S., Fuentes S., Tropiano P., Blondel B. (2021). Treatment of osteoporotic vertebral fractures. *Orthop Traumatol Surg Res. Feb*;107(1S):102779, Doi: 10.1016/j.otsr.2020.102779

Greenberg M. S., (2001), *Handbook of Neurosurgery* (Fifth Edition), New York, Thieme International

Briot K., Roux C., Thomas T., Blain H., Buchon D., Chapurlat R., et al. (2018), 2018 update of French recommendations on the management of postmenopausal osteoporosis. *Jt Bone Spine Rev Rhum* 2018;85:519–30. Doi: 10.1016/j.jbspin.2018.02.009

Genant HK, Jergas M, Palermo L, Nevitt M, Valentin RS, Black D, et al. Comparison of semiquantitative visual and quantitative morphometric assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. J Bone Miner Res 1996;11:984–96.

Yang W., Song J., Liang M., Cui H., Chen H., Yang J. (2019) Functional outcomes and new vertebral fractures in percutaneous vertebroplasty and conservative treatment of acute symptomatic osteoporotic vertebral compression fractures. *WorldNeurosurg* 2019;131:346–52. Doi: 10.1016/j.wneu.2019.07.153

Chen Y. C., Zhang L., Li E. N., Ding L. X., Zhang G. A., Hou Y., et al. (2019) Unilateral versus bilateral percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures in elderly patients: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 2019;98:e14317. Doi: 10.1097/MD.0000000000014317.

Zhiyong C., Yun T., Hui F., Zhongwei Y., Zhaorui L. (2019) Unilateral versus bilateral balloon kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures: a systematic review of overlapping meta-analyses. *Pain Phys* 2019;22:15–28.

Fuentes S., Blondel B., Metellus P., Adetchessi T., Gaudart J., Dufour H. (2009) Open kyphoplasty for management of severe osteoporotic spinal fractures. Neurosurgery 2009;64:350–4 [discussion 354-5]. Doi: 10.1227/01.NEU.0000337066.59130.61.

Charles Y.P., Pelletier H., Hydier P., Schuller S., Garnon J., Sauleau E.A., *et al.* (2015) Pullout characteristics of percutaneous pedicle screws with different cement augmentation methods in elderly spines: an in vitro biomechanical study. *Orthop Traumatol Surg Res*, 101, pp. 369-374 Doi: 10.1016/j.otsr.2015.01.005

Takahashi S., Hoshino M., Yasuda H., Hori Y., Ohyama S., Terai H., *et al.* (2019) Development of a scoring system for predicting adjacent vertebral fracture after balloon kyphoplasty *Spine J*, 19, pp. 1194-1201. Doi: 10.1016/j.spinee.2019.02.013

Kısa Konsolların Maliyet Optimizasyonunda Bazı Sezgisel Algoritmaların Başarımı

Hasan Tahsin ÖZTÜRK[1]

Giriş

Mühendislik problemlerinin bir amaca uygun olarak çözülmesinde, optimizasyon teknikleri, uzun bir zamandır üzerinde çokça çalışılan bir konu olmuştur. Bununla birlikte optimizasyon araçlarından olan, sezgisel algoritmalar problemlere kolay uygulanabilirliği bakımından son yıllarda daha çok üzerinde durulan bir konu haline gelmiştir.

İnşaat mühendisliği bakımdan bir yapısal bir problemin çözümünün; en ekonomik, hafif yada üretimde meydana gelen karbon salınımının en az olması istenmektedir. Bu istekler yapısal optimizasyon probleminin amaç fonksiyonunu belirlemektedir. İnşaat mühendisliği alanında yapılan optimizasyon çalışmalarının büyük bir kısmını çelik kafes sistemlerin optimizasyonu oluşturmaktadır. Diğer taraftan betonarme eleman ve yapıların optimum tasarımıyla ilgili çalışmaların da son yıllarda arttığı görülmektedir. Teknik literatürdeki betonarme yapı yada elemanların optimizasyonuyla ilgili çalışmaların başlıcaları; kirişlerin (Öztürk & ark., 2012; Amir & Shakour, 2018; van Loon & ark., 2019; Kayabekir & ark., 2021; Ulusoy & ark., 2020;), kolonların (Öztürk & Durmus, 2013; Sánchez-Olivares & Tomás, 2017; Yoon & ark., 2018), çerçeve sistemlerin (Boscardin & ark., 2019; Chisari & Bedon, 2019), temellerin (Camp & Assadollahi, 2015; Öztürk, 2018; Rawat & Mittal, 2018) optimizasyonu konularında yoğunlaştığı görülmektedir. Daha önce Öztürk (2020) tarafından yapılan çalışmada kısa konsolların TS500 yönetmeliği dikkate alınarak maliyet bakımından optimum tasarımları gerçekleştirilmiş, optimizasyon çalışmasında Yapay Arı Koloni (ABC), Öğretme-Öğrenme Tabanlı Yapay Arı Koloni (TLABC) ve Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon (TLBO) algoritmalarının başarımları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadan farklı olarak burada, tasarım değişkenlerine beton ve donatı sınıfı da eklenerek, değişken sayısı yediden dokuza çıkarılmış, TS500 yerine uluslararası ACI tasarım yönetmeliği dikkate alınmış ve karşılaştırılan sezgisel algoritma sayısı artırılmıştır.

Bu çalışmada kısa konsolların minimum maliyetle optimum tasarımları ACI 318 yönetmeliğine uygun olarak güncel sezgisel algoritmalardan; Yapay Arı Koloni (ABC), Guguk Arama (CS), Gri Kurt Optimizasyon (GWO), Öğretme-Öğrenme Tabanlı Yapay Arı Koloni (TLABC) ve Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon (TLBO) algoritmalarıyla gerçekleştirilmektedir. Burada algoritma kısaltmalarının, literatürde kullanılan şekliyle verilmesi uygun görülmüştür. Çalışmada farklı tasarım parametrelerine sahip üç problemden oluşan bir set oluşturulmuştur. Söz konusu algoritmaların başarımları bu set üzerinde test edilmiştir. Bu sayede bu problemin, kullanılan algoritmalardan hangisiyle daha yüksek başarımla, çözümünün belirlenebildiği sorusuna cevap aranmaktadır.

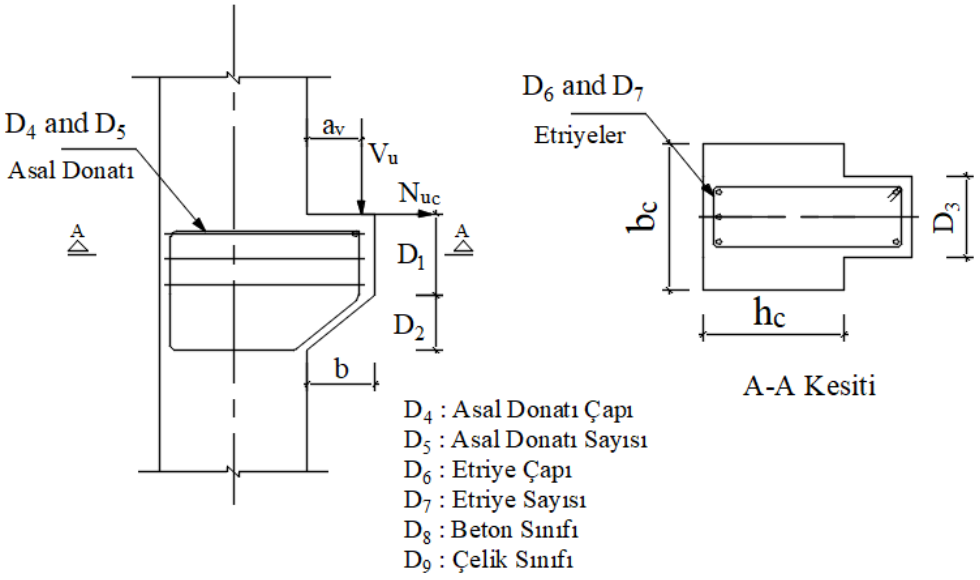
[1] Doç.Dr., KTÜ Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, htozturk@ktu.edu.tr

Problemin Tanımı

Çalışmada amaçlanan maliyet optimizasyonu için kullanılan amaç fonksiyonu;

$$f(x) = V_{beton}M_{beton} + W_{çelik}M_{çelik} \quad (1)$$

olarak ifade edilmektedir. Burada V_{beton} sadece kısa konsolda kullanılan beton hacmini, $W_{çelik}$ donatı ağırlığını, M_{beton} ve $M_{çelik}$ beton ve donatının birim maliyetini göstermektedir. Problemde tanımlanan tasarım değişkenleri Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu şekilden de anlaşılacağı üzere tasarım değişkenleri; D_1 ve D_2 ile ifade edilen kısa konsol yükseklikleri, D_3 ile ifade edilen kısa konsol genişliği, asal donatı çapı (D_4), asal donatı adedi (D_5), etriye çapı (D_6), etriye adedi (D_7), betonun karakteristik basınç dayanımı (D_8) ve donatının karakteristik akma dayanımı (D_9) olarak belirlenmiştir. Diğer bir deyişle oluşturulan optimizasyon probleminde 9 adet tasarım değişkeni bulunmaktadır. Problem ayrık değişkenli olarak tasarlanmıştır. Değişkenleri alt ve üst sınırları ile artımları aşağıdaki Tablo 1'de verilmektedir. Çalışmada kullanılan birim maliyetler ise Tablo 2'de sunulmaktadır.



Şekil 1. Kısa Konsol ve Tasarım Değişkenleri

Tablo 1. Tasarım değişkenlerinin alt ve üst sınırları ve artım değerleri

Değişken	Tanımı	Alt Sınır	Üst sınır	Artım
D_1	Düz kısmının yüksekliği	200 mm	1000 mm	10 mm
D_2	Eğimli kısmının yüksekliği	200 mm	1000 mm	10 mm
D_3	Genişlik	250 mm	700 mm	10 mm
D_4	Asal Donatı Çapı	{6 8 10 12 14 16 20 25 28 32} mm		
D_5	Asal Donatı Sayısı	2 adet	20 adet	1 adet
D_6	Etriye Çapı	{6 8 10 12 14 16} mm		
D_7	Etriye Sayısı	2 adet	20 adet	1 adet
D_8	Beton Basınç Dayanımı (fc')	{25, 30, 35, 40, 45, 50} MPa		
D_9	Çelik Akma Dayanımı (fy)	{400, 500} MPa		

Tablo 2. Malzeme Birim fiyatları

Malzeme	Birim Fiyat
Çelik (400 MPa)	0.62 $/kg
Çelik (500 MPa)	0.64 $/kg
Beton (25 MPa)	62.31 $/ m^3
Beton (30 MPa)	66.87 $/ m^3
Beton (35 MPa)	71.84 $/ m^3
Beton (40 MPa)	77.43 $/ m^3
Beton (45 MPa)	82.72 $/ m^3
Beton (50 MPa)	88.01 $/ m^3

Kısa konsolların ACI 318 yönetmeliği koşulları dikkate alınarak tasarlanmasını sağlamak üzere birtakım sınırlayıcıların tanımlanması gerekmektedir. Bilindiği gibi bir konsolun kısa konsol olarak tanımlanabilmesi için yükleme noktasından mesnet yüzüne olan uzaklığın (a_v), mesnetteki faydalı yüksekliğe (d) oranının 1'e eşit ya da küçük olması gerekmektedir. Buna göre ilk sınırlayıcı Denklem 2 ile tanımlanmaktadır.

$$sınırlayıcı_1 = \frac{a_v}{d} - 1 \leq 0 \tag{2}$$

ACI 318 yönetmeliğine göre tasarımda dikkate alınan tasarım kesme kuvvetinin (V_u), yatay kuvvetten (N_{uc}) büyük olması gerekmektedir. Bunu denetleyen sınırlayıcı Denklem 3'te görülmektedir.

$$sınırlayıcı_2 = \frac{N_{uc}}{V_u} - 1 \leq 0 \tag{3}$$

Tasarım kesme kuvveti, ilgili yönetmeliğe göre, Denklem 4'teki koşulları sağlaması gerekmektedir. Bu durum Denklem 5'te verilen sınırlayıcıyla denetlenmektedir.

$$V_u \leq \begin{cases} \Phi\ 0.2\ D_8 D_3 d \\ 3.3 + 0.08 D_3 d \\ 11 D_3 d \end{cases} \tag{4}$$

$$sınırlayıcı_3 = \frac{V_u}{min\begin{cases} \Phi\ 0.2\ D_8 D_3 d \\ 3.3 + 0.08 D_3 d \\ 11 D_3 d \end{cases}} - 1 \leq 0 \tag{5}$$

Burada Φ dayanım azaltma katsayısıdır. Bununla birlikte asal çekme donatısı alanının (A_{sc}), Denklem 6'daki koşulları sağlaması gerekmektedir.

$$A_{sc} \geq \begin{cases} A_f + A_n \\ \left(\frac{2}{3} A_{vf} + A_n\right) \\ 0{,}04 \frac{D_8}{D_9} D_3\ d \end{cases} \tag{6}$$

Burada A_f eğilme için gerekli donatı alanını, A_n eksenel kuvvet için gerekli donatı alanını göstermektedir. Bunlar sırasıyla Denklem 7 ve Denklem 8 ile hesaplanmaktadır. Sürtünme kesmesi için gerekli donatı alanı (A_{vf}) ise Denklem 9 ile hesaplanmaktadır. Kesite yerleştirilmiş asal çekme donatısı (A_{sc}) ise Denklem 10 ile hesaplanmaktadır.

$$A_f = \frac{V_u \cdot a_v + N_{uc}\big((D_1 + D_2) - d\big)}{\Phi\ D_9(0.85 \cdot d)} \tag{7}$$

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\Phi\ D_9} \tag{8}$$

$$A_{vf} = \frac{V_u}{\Phi\ D_9\ \mu} \tag{9}$$

$$A_{sc} = D_5 \cdot \frac{D_4^2 \pi}{4} \tag{10}$$

Burada ACI 318 yönetmeliğine göre dayanım azaltma katsayısı (Φ) 0,75, μ kesme sürtünme katsayısının değeri (kısa konsolun bir döküm olduğu düşünülerek) 1,4 olarak alınmıştır. Daha önce Denklem 6'da verilen asal çekme donatısı alanına ilişkin koşul, Denklem 11'de verilen sınırlayıcıyla kontrol edilmektedir.

$$sınırlayıcı_4 = \frac{max\begin{cases} A_f + A_n \\ \left(\frac{2}{3}A_{vf} + A_n\right) \\ 0{,}04\frac{D_8}{D_9}D_3\ d \end{cases}}{A_{sc}} - 1 \leq 0 \tag{11}$$

Kesite yerleştirilen etriyelerin toplam kesit alanı,

$$A_h = D_7 \frac{{D_6}^2 \cdot \pi}{4} \cdot 2 \tag{12}$$

olmak üzere, Denklem 13'de ifade edilen koşulun doğru olması halinde, bu alanın (A_h), $1/3\ A_{vf}$'den büyük yada eşit, diğer durumlarda ise $0{,}50(A_{st} - A_n)$'den büyük yada eşit olması gerekmektedir. Bu koşulun doğruluğuna göre kesite yerleştirilen etriyelerin toplam kesit alanı aşağıdaki sınırlayıcıyla denetlenmektedir.

$$\begin{aligned} Eğer\ \ \frac{2}{3}A_{vf} + A_n > A_f + A_n \quad &\Longrightarrow\ sınırlayıcı_5 = \frac{\frac{1}{3}\ A_{vf}}{A_h} - 1 \leq 0 \\ Diğer\ durumda \quad &\Longrightarrow\quad sınırlayıcı_5 = \frac{0{,}50(A_{st} - A_n)}{A_h} - 1 \leq 0 \end{aligned} \tag{13}$$

Ayrıca ACI 318 yönetmeliğine göre D_1 ile gösterilen konsol yüksekliğinin d/2 ile hesaplanan değerden büyük yada eşit olması gerekmektedir. Bu denetim de:

$$sınırlayıcı_6 = \frac{d}{2 \cdot D_1} - 1 \leq 0 \tag{14}$$

sınırlayıcısıyla gerçekleştirilmektedir. Kısa konsol genişliğinin, konsolun bağlandığı kolon genişliğinden (b_k) küçük olmasının, geometrik tutarlılık bakımından, denetlenmesi gerekmektedir.

$$sınırlayıcı_7 = \frac{D_3}{b_k} - 1 \leq 0 \tag{15}$$

Diğer taraftan donatı aralıklarının izin verilen en küçük değerden büyük olup olmadığı da denetlenmektedir. Donatı aralığının ilgili yönetmeliğe uygun olarak; en büyük agrega çapının dörtte üçü, 25 mm ve donatı çapından büyük olması gerekmektedir.

$$sınırlayıcı_8 = \frac{s_{min}}{s} - 1 \leq 0 \tag{16}$$

Burada s asal donatı aralığını, s_{min} ise izin verilen asal donatı aralığını göstermektedir. Etriye aralıklarının denetimi için ise;

$$sınırlayıcı_9 = \frac{s_{wmin}}{s_w} - 1 \leq 0 \tag{17}$$

sınırlayıcısı kullanılmaktadır. Burada s_w etriye aralığını, s_{wmin} ise izin verilen etriye aralığını göstermektedir. Asal donatı kenetlenme boyunun (l_{dh}) kolon sınırları içinde kalıp kalmadığı Denklem 18'deki sınırlayıcı ile denetlenmektedir.

$$sınırlayıcı_{10} = \frac{max(l_{dh})}{h_c - c_{net}} - 1 \leq 0 \tag{18}$$

Algoritma Ayarları

Çalışmada kullanılan algoritmaların ayarları belirlenirken, algoritmaları geliştirenlerin belirlediği orijinal ayarlara sadık kalınmaya çalışılmıştır. Belirlenen ayarlar aşağıdaki Tablo 3'de verilmektedir. Çalışmada her bir algoritmayla her bir problem için 51 bağımsız çalıştırma yapılmıştır. Algoritmaların durdurma kriteri olarak amaç fonksiyonu değerlendirme sayısı (AFDS) kullanılmış ve en büyük değeri tasarım değişkeni sayısının (DS) 10000 katı ile (maxAFDS=10000xDS) sınırlandırılmıştır.

Tablo 3. Kullanılan Algoritmaların Ayarları

Algoritma	Ayarlar
Yapay Arı Koloni (ABC)	Koloni boyutu = 50, Nektar kaynağı sayısı (SN)= koloni boyutu/2, limit=tasarım değişkeni sayısı x SN
Guguk Arama (CS)	Konakçı yuva sayısı=25, pa=0.25
Gri Kurt Optimizasyon (GWO)	Popülasyon boyutu = 30, Yakınsama sabiti (a) doğrusal olarak 2'den 0'a düşer
Öğretme-Öğrenme Tabanlı Yapay Arı Koloni (TLABC)	Nektar kaynağı sayısı=50, limit=200, Ölçek faktörü (F)=0-1 arası rastgele
Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon (TLBO)	Popülasyon boyutu = 50

Sayısal Uygulamalar

Çalışmaya konu olan algoritmaların başarımlarını ve algoritmaların başarımlarının stabil olup olmadığını değerlendirmek üzere, farklı tasarım parametrelerine sahip üç problemden oluşan bir set oluşturulmuştur. Hazırlanan bu üç problemde değiştirilen tasarım parametreleri aşağıdaki Tablo 4'de verilmektedir. Her üç problemde de sabit tutulan tasarım parametreleri ise Tablo 5'de verilmektedir.

Tablo 4. Tasarımı yapılan üç probleme ilişkin değiştirilen tasarım parametreleri

Tasarımlar	V_u (kN)	N_{uc} (kN)	a_v (mm)	b (mm)
Tasarım 1	400	80	200	300
Tasarım 2	200	100	400	550
Tasarım 3	600	480	500	700

Tablo 5. Tasarımı yapılan üç problemde de sabit tutulan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi	Değer
Kolonun konsol boyunca uzunluğu (h_k)	700 mm
Konsola dik kolon uzunluğu (b_k)	700 mm
Çelik birim ağırlığı (γ_s)	7850 kg/m^3
Net beton örtüsü (c)	25 mm
Kesme sürtünme katsayısı (μ)	1,4
En büyük agrega boyutu (D_{maks})	16 mm

Bulgular ve İrdelemeler

Kısa konsol için algoritmaların 51 kez bağımsız olarak çalıştırılmasıyla üç farklı tasarım için elde edilen en iyi çözümler, diğer bir deyişle optimum tasarımlar aşağıdaki Tablo 6'da verilmektedir. Algoritmaların bağımsız çalıştırılmasıyla elde edilen bulguların genel istatistikleri ve parametrik olmayan istatistiksel bir test olan Friedman testi (Luengo et al., 2009) skor ve sıralamaları ise üç farklı tasarım için Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 6. Optimum tasarımlar, kullanılan malzeme miktarları ve maliyetleri

Değişken	Tanımı	Tasarım 1	Tasarım 2	Tasarım 3
D_1	Düz kısmının yüksekliği	240 mm	320 mm	550 mm
D_2	Eğimli kısmının yüksekliği	260 mm	350 mm	570 mm
D_3	Genişlik	250 mm	260 mm	360 mm
D_4	Asal Donatı Çapı	14 mm	12 mm	20 mm
D_5	Asal Donatı Sayısı	5 adet	6 adet	7 adet
D_6	Etriye Çapı	6 mm	6 mm	10 mm
D_7	Etriye Sayısı	5 adet	4 adet	3 adet
D_8	Beton Basınç Dayanımı	25 MPa	25 MPa	25 MPa
D_9	Çelik Akma Dayanımı	500 MPa	500 MPa	500 MPa
	Kullanılan Beton Hacmi	0,028 m^3	0,071 m^3	0,210 m^3
	Kullanılan Donatı Ağırlığı	8,347 kg	8,796 kg	32,393 kg
	Beton Maliyeti	1,729 $	4,411 $	13,111 $
	Donatı Maliyeti	5,342 $	5,630 $	20,732 $
	Toplam Maliyet	7,071 $	10,040 $	33,843 $

Tablo 6'dan görüleceği üzere tasarım 1 için elde edilen en düşük maliyetli çözüm 7,071 $ maliyetle elde edilmiştir. Benzer şekilde tasarım 2 ve tasarım 3 için ise elde edilen en iyi çözümlerin maliyetleri sırasıyla 10,040 $ ve 33,843 $ olarak belirlenmiştir. Bu bulguların daha sonra yapılacak çalışmalarda yeniden kullanılabilmesi amacıyla, çözümleri oluşturan tasarım değişkenleri değerleri ve kullanılan malzeme miktarları ile maliyetleri de verilmektedir.

Tablo 7 incelendiğinde tasarım 1 için tüm algoritmaların bulunan en iyi çözüme ulaştığı görülmektedir. 51 bağımsız çalıştırmanın ortalama ve standart sapma değerleri incelendiğinde en

düşük ortalama ve standart sapmaya Guguk Arama (CS) ve Öğretme-Öğrenme Tabanlı Yapay Arı Koloni (TLABC) algoritmalarının ulaştığı görülmektedir. Dolayısıyla Friedman testinde de bu algoritmalar birinci sırada çıkmıştır.

Tasarım 2 için elde edilen bulgular incelendiğinde yine tüm algoritmaların elde edilen en iyi çözüme ulaştıkları anlaşılmaktadır. Bununla birlikte bağımsız çalıştırmaların ortalamaları ve standart sapmaları incelendiğinde, en düşük ortalama ve standart sapmaya Guguk Arama (CS) algoritmasının ulaştığı görülmektedir. Durum böyle olunca Friedman testinde de Guguk Arama (CS) algoritmasının birinci olduğu görülmektedir.

Tasarım 3 için elde edilen bulgular incelendiğinde ise elde edilen en iyi çözüme sadece Gri Kurt Optimizasyon (GWO) algoritmasının ulaşamadığı, diğer tüm algoritmaların söz konusu en iyi çözüme ulaştıkları anlaşılmaktadır. Diğer taraftan bağımsız çalıştırmaların ortalamaları ve standart sapmaları incelendiğinde, en düşük ortalama ve standart sapmaya Guguk Arama (CS) algoritmasının ulaştığı görülmektedir. Durum böyle olunca Friedman testinde de Guguk Arama (CS) algoritmasının birinci olduğu görülmektedir.

Bununla birlikte tasarım 1'den tasarım 3'e doğru çözüm uzayının sınırları değişmekte ve çözümün uzay içinde bulunabilme karmaşıklığı artmaktadır. Buna bağlı olarak bazı algoritmalar çok farklı başarımlar sergilemektedir. Özellikle GWO algoritmasının tasarım 1'de ikinci sıradayken, tasarım 3'de beşinci sıraya düştüğü gözlemlenmektedir. TLABC algoritması içinde benzer durumla karşılaşılmıştır. Bu problem için Guguk Arama (CS) algoritmasının diğer algoritmalara göre çok daha yüksek başarıya sahip olduğu ve farklı tasarımlar içinde bu başarısını kararlı bir şekilde devam ettirdiği kanısına varılmıştır.

Tablo 7. Algoritmaların bağımsız çalıştırılmasından elde edilen istatistiksel veriler

		ABC	CS	GWO	TLABC	TLBO
Tasarım 1	En iyi maliyet ($)	7.071	**7.071**	7.071	**7.071**	7.071
	Ortalama maliyet ($)	7.099	**7.071**	7.073	**7.071**	7.095
	Ortanca Maliyet ($)	7.071	**7.071**	7.071	**7.071**	7.071
	En Kötü Maliyet ($)	7.195	**7.071**	7.182	**7.071**	7.182
	Standart Sapma ($)	0.049	**0.000**	0.015	**0.000**	0.046
	Başarı Oranı (%)	74.51	**100**	98.04	**100**	78.43
	Friedman Skoru	3.382	**2.755**	2.804	**2.755**	3.304
	Friedman Sırası	4	**1**	2	**1**	3
Tasarım 2	En iyi maliyet ($)	10.040	**10.040**	10.040	10.040	10.040
	Ortalama maliyet ($)	10.325	**10.106**	10.272	10.204	10.229
	Ortanca Maliyet ($)	10.375	**10.040**	10.285	10.285	10.285
	En Kötü Maliyet ($)	10.702	**10.285**	10.549	10.285	10.407
	Standart Sapma ($)	0.152	**0.108**	0.121	0.117	0.132
	Başarı Oranı (%)	15.69	**72.55**	17.65	33.33	25.49
	Friedman Skoru	4.010	**1.873**	3.363	2.686	3.069
	Friedman Sırası	5	**1**	4	2	3
Tasarım 3	En iyi maliyet ($)	33.843	**33.843**	34.160	33.843	33.843
	Ortalama maliyet ($)	34.201	**33.877**	34.783	34.227	34.026
	Ortanca Maliyet ($)	34.16	**33.843**	34.513	34.160	34.016
	En Kötü Maliyet ($)	35.69	**34.160**	37.541	34.513	34.354
	Standart Sapma ($)	0.357	**0.097**	0.745	0.161	0.187
	Başarı Oranı (%)	31.37	**88.24**	0	9.8	47.06
	Friedman Skoru	2.941	**1.559**	4.520	3.529	2.451
	Friedman Sırası	3	**1**	5	4	2

Sonuç

Bu çalışmada betonarme kısa konsolların ACI 318 yönetmeliğine göre minimum maliyetle tasarımları Yapay Arı Koloni (ABC), Guguk Arama (CS), Gri Kurt Optimizasyon (GWO), Öğretme-Öğrenme Tabanlı Yapay Arı Koloni (TLABC) ve Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon (TLBO) algoritmalarıyla gerçekleştirilmiş ve algoritmaların başarımları karşılaştırılmıştır. Özetle başarım oranlarına göre ve Friedman testine göre yapılan değerlendirmede Guguk Arama (CS) algoritmasının en yüksek başarıyı gösterdiği ve farklı tasarımlar içinde bu başarısını kararlı bir şekilde devam ettirdiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

Amir, O. & Shakour, E. (2018). Simultaneous shape and topology optimization of prestressed concrete beams. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 57(5), 1831–1843. Doi: 10.1007/s00158-017-1855-5

Boscardin, J. T., Yepes, V. & Kripka, M. (2019). Optimization of reinforced concrete building frames with automated grouping of columns. *Automation in Construction*, 104, 331–340. Doi: 10.1016/j.autcon.2019.04.024

Camp, C. V. & Assadollahi, A. (2015). CO_2 and cost optimization of reinforced concrete footings subjected to uniaxial uplift. *Journal of Building Engineering*, 3, 171–183. Doi: 10.1016/j.jobe.2015.07.008

Chisari, C., & Bedon, C. (2016). Multi-objective optimization of FRP jackets for improving the seismic response of reinforced concrete frames. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9 (3), 669–679. Doi: 10.3844/ajeassp.2016.669.679

Kayabekir, A. E., Bekdaş, G. & Nigdeli, S. M. (2021). Optimum design of reinforced concrete t-beam considering environmental factors via flower pollination algorithm. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13 (4), 166–178. Doi: 10.24107/ijeas.1037908

Luengo, J., García, S. & Herrera, F. (2009). A study on the use of statistical tests for experimentation with neural networks: Analysis of parametric test conditions and non-parametric tests. *Expert Systems with Applications,* 36 (4), 7798–7808. Doi: 10.1016/j.eswa.2008.11.041

Öztürk, H. T. (2018). Cost optimum design of spread footing under uniaxial combined bending according to TS500 via various metaheuristic algorithms. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24 (6), 1030–1036. Doi: 10.5505/pajes.2017.65807

Öztürk, H. T. (2020). Betonarme kısa konsolların TS 500'e göre optimum tasarımlarında ABC, TLBO ve TLABC algoritmalarının başarımı. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 25 (1), 361–378. Doi: 10.17482/uumfd.644684

Öztürk, H. T. & Durmus, A. (2013). Optimum cost design of RC columns using artificial bee colony algorithm. *Structural Engineering and Mechanics*, 45(5), 643-654. Doi: 10.12989/sem.2013.45.5.643.

Öztürk, H. T., Durmuş, A. & Durmuş, A. (2012). Optimum design of a reinforced concrete beam using artificial bee colony algorithm. *Computers and Concrete*, 10(3), 295–306. Doi: 10.12989/cac.2012.10.3.295

Rawat, S. & Mittal, R. K. (2018). Optimization of eccentrically loaded reinforced-concrete isolated footings. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 23 (2), 1–8. Doi: 10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000366

Sánchez-Olivares, G. & Tomás, A. (2017). Improvements in meta-heuristic algorithms for minimum cost design of reinforced concrete rectangular sections under compression and biaxial bending. *Engineering Structures,* 130, 162–179. Doi: 10.1016/j.engstruct.2016.10.010

Ulusoy, S., Kayabekir, A. E., Bekdaş, G. & Nigdeli, S. M. (2020). Metaheuristic algorithms in optimum design of reinforced concrete beam by investigating strength of concrete. *Challenge Journal of Concrete Research Letters*, 11 (2), 26–30. Doi: 10.20528/cjcrl.2020.02.001

van Loon, R. R. L., Pujadas-Gispert, E., Moonen, S. P. G. & Blok, R. (2019). Environmental optimization of precast concrete beams using fibre reinforced polymers. *Sustainability*, 11 (7), 2174. Doi: 10.3390/su11072174

Yoon, Y. C., Kim, K. H., Lee, S. H. & Yeo, D. (2018). Sustainable design for reinforced concrete columns through embodied energy and CO_2 emission optimization. *Energy and Buildings*, 174, 44–53. Doi: 10.1016/j.enbuild.2018.06.013

Polimer Malzemelerin İşlemesinde Co_2 Lazer Kullanımı ve Kesme Parametrelerinin Seçimi

Yusuf FEDAİ

1. GİRİŞ

Polimer malzemeler, birçok farklı alanda kullanıldığından dolayı son yıllarda oldukça tercih edilen mühendislik malzemeleri arasında yerini almıştır (Başar et al., 2020a; Fedai et al., 2022). Bu malzemelerin tercih edilmesinin ana sebepleri kolay şekillendirilebilir ve işlenebilirliği, diğer malzemelere göre nispeten ucuz ve kolay temin edilebilir olmasıdır. Aynı zamanda ısı ve elektriği iletme konusunda diğer malzeme türlerine göre daha iyi özelliklere sahip olmasıdır. Polimer malzemelerin işlenebilirliğinde geleneksel talaşlı imalat yöntemleri (tornalama, frezeleme, delme ve taşlama gibi) kullanılmaktadır (Başar et al., 2020b). Geleneksel işlemenin kullanımı, iş malzemesinin karmaşık şekli ve olağandışı boyutu, katı tasarım gereklilikleri ve ayrıca ileri mühendislik malzemelerinin ortaya çıkması nedeniyle kısıtlanmıştır. Parçaların karmaşıklığı arttıkça geleneksel yöntemlerle talaşlı işlemlerde geometrik biçim, sıvama, yanma, kötü yüzey pürüzlülüğü birtakım olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple polimer malzemelerin kesimi için geleneksel olmayan makineleri kullanmak daha uygundur. Günümüzde, geleneksel olmayan Elektrik deşarjlı işleme (EDM), lazer ışını işleme, iyon ışını işleme, elektron ışını işleme, plazma ışını işleme, elektro-kimyasal işleme, kimyasal işleme, aşındırıcı su jeti ile işleme ve su jeti ile işleme gibi gelişmiş işleme süreçleri giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Malzeme işlenmesinde geleneksel olmayan yöntemlerin birisi de lazer kullanımıdır. Lazerle işleme, hassasiyeti ve yüksek yoğunluğu nedeniyle sac metallerin ince kesiminde geniş bir uygulamaya sahiptir. Metal, ahşap, cam ve polimer gibi çeşitli malzemeleri işlemek için kullanılan lazer destekli kesim ve işlemenin, imalat endüstrilerinde bir devrim yarattığı söylenebilir. Lazerlerin özellikle plastik endüstrisinde hassas şekilleri plastik veya akrilik levhaları kesmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Lazerler, ışının yoğunluk parametrelerini değiştirerek farklı kalınlıktaki polimerleri kesmek için kullanılabilir. Lazerler sadece plastikleri kesmek için değil, aynı zamanda kazımak için de kullanılır. Lazer işleme yöntemi, malzemeyi keserken temassız bir yaklaşım kullanır. Bu nedenle, geleneksel yöntemlerle ortaya çıkan aşınma ve yıpranma yoktur, bu da ürünün herhangi bir hasar ve deformasyona uğramasını engeller. Lazer işlemi aynı zamanda başka hiçbir işlemde olmayan bir son kat kalitesi sunar.

Termoplastikler ve termoset plastikler, endüstride kullanılan iki polimerik malzeme grubudur. Kesim kalitesi temel olarak lazer gücü, yardımcı gazın tipi ve basıncı, tip ve tabaka malzemesi kalınlığı, kesme hızı ve çalışma modu (sürekli dalga veya darbeli mod) gibi işlem parametrelerinin ayarına bağlıdır.

Lazer, istenen yüzeye yönlendirilir ve malzemeyi istenen şekilde kesmek için hareket ettirilir. Kesim radyasyon ışını ile malzemeyi eriterek veya buharlaştırarak kesimi gerçekleştirme yöntemidir. Lazer aktif madde katı, sıvı ve gaz olabilir. Lazer aktif maddelerin uyarılmasıyla lazer ışını elde edilir. Lazer aktif maddeleri olarak;

- Katı kristal (Nd: YAG- Yttrium-Alüminyum Granülit),

- Gaz (CO2),

- Sıvı halde, (renkli bir eriyik)

- Yarı iletken lazeri kullanılabilinir.

Değişik amaç ve farklı tiplerde yapılmalarına rağmen uygulamada en çok kullanılan lazer tipleri Nd:YAG ve CO_2 lazerlerdir. Bu lazerler, düşük ışın gücüne, daha iyi verimliliğe ve iyi ışın kalitesine sahiptir. CO_2 lazer kızılötesi bölgede 10 μm dalga boyuna sahip olup, ışın gücü fazla, verimliliği iyi ve ışın kalitesi yüksektir.

Son zamanlarda lazer kesim makineleri endüstride çeşitli uygulama (kesme, delme, şekil verme) yöntemleri ile teknolojinin vazgeçilmez sistemi haline gelmiştir. Son zamanlarda ise polimer malzemelerde CO_2 lazer ile kesilmesi yönünde önemli çalışmalar yapılmıştır ve daha kaliteli kesimler yapabilmek için çalışmalar devam etmektedir. Bu yöntem bize yüksek kelim kalitesi, yüzey pürüzlülüğü ve az miktarda ısıdan etkilenen bölge sunar (Mushtaq et al., 2020). Yapılan birçok çalışmada PP, PE, PC gibi polimer malzemelerin CO_2'li lazer kesim ile her malzemeyi en uygun parametrelerde kesimini yapılmış ve CO_2'li lazer kesimin kesim kalitesi ispat edilmiştir (Caiazzo et al., 2005). Bu sebeplerden dolayı bu çalışma polimerik malzemelerinin çeşitli uygulamalarda kullanımının CO_2'li lazer ile polimerlerin kesilmesine ve parametrelerinin optimizasyonuna ışık tutmak amacını hedeflemektedir.

2. POLİMER MALZEMELER

Polimer malzemeler endüstride sıcaklık ve davranış yönünden dolayı iki ana gruba ayrılırlar. Termoplastik malzemeler doğrusal olup sıcaklıkla yumuşayıp, soğutulunca sertleşirler tekrardan ısıtıldıklarında yine yumuşarlar; termoset polimerler ise ısıtıldıklarında yumuşar ve bu aşamada şekil vererek sertleştirilirler fakat tekrar ısıtıldıklarında yumuşamazlar (Vahapoğlu, 2013).

Termoplastik Polimerler

PE, PC ve PP gibi termoplastik malzemeler, yumuşaktırlar ısıtma ve soğutmadan sonra daha sert hale gelirler (Mushtaq et al., 2020). Bu tür polimerler özelliklerinde çok önemli değişiklikler olmadığı sürece defalarca ısıtılarak tekrardan şekil verilebilirler (Mergen, 2012).

Termoset Polimerler

Bu polimer grubu ise kalıcı olarak şekillendirilip sertleştikten sonra tekrar yumuşatılmaz ve herhangi bir şekle gelemezler (Mergen, 2012). Termoset polimerler geri dönüşü olmayan plastik malzemelerdir. Kalıcı değişiklikler 200 derecenin üzerinde ısıtılarak yapılır. Bu malzemeler erime noktasından daha fazla ısıtıldığında sıvı-katı-hal değişimi tersinmez hale gelir. Termoplastiklere benzer olarak termoset malzemeler sıcaklığa bağlı değildir (Mushtaq et al., 2020).

3. CO_2'Lİ LAZER KESİM

Lazer kesim termal ayırma işlemidir. Lazer ışını iş parçasını o kadar güçlü bir şekilde ısıtmaktadır ki iş parçası ya erir ya da buharlaşmaktadır. Bu sistem seçilen geometrik şekli işledikten sonra malzemeyi ayırır. Kesilecek işleme bağlı olarak kullanılan gazlar olumlu bir etki yapabilir. Lazer kesim ile birçok tipte malzemeyi kesebilirken, başka hiçbir teknoloji bu kadar farklı tipte malzemeyi kesemez. Yüksek doğruluk sağlar. Lazer kesim makineleri aşınmaya maruz kalmaz, bu durumda devam eden faaliyetlerde tasarruf sağlar(şekil 1).

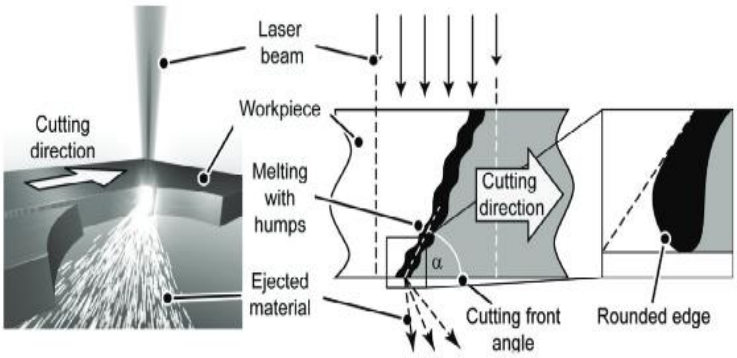
CO_2'li lazer kesim ise endüstride kesme, delme, şekil verme işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. CO_2'li lazer kesim sektörde en kuvvetli çıkış gücüne sahip lazer olup; elektrotların gerilime maruz kalmasıyla düşük basınçlı gaz boşalımı meydana gelir. Elektron darbelerinden dolayı inversiyon oluşur. İnversiyon için ise CO_2 gazının yanında azot ve helyum gazı da kullanılır (Mungan, 2006).



Şekil 1. CO_2 Lazer Kesim makinası

Füzyon Kesim

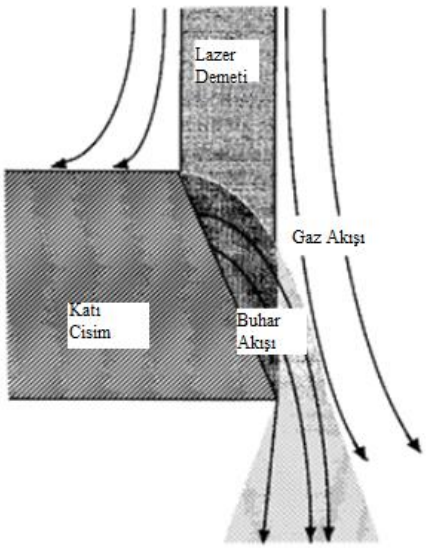
Bu yöntem iş parçası için yüksek enerji sağlar ve lazer ışını ateşlemeyi kontrol eder (AL-QAISY, 2019). Termoplastik malzemelerin çoğu bu yöntemle kesilir. Bu işlem mekanizması gazlarla metal kesmeye başlar. Lazer ışını kaplama gazı oluşturma esnasında füzyon ürettiğinden erimiş malzemeyi uzaklaştırır. Böylece parçanın ayrılmasını sağlar(Şekil. 2) (Caiazzo et al., 2005).



Şekil 2. Füzyon kesim mekanizması (Schober et al., 2012).

Buharlaştırmayla Kesim

Bu yöntemler kesilen malzemeler genelde polimer, akrilikler ve kâğıt vb. gibi metal olmayan parçalardı (Wandera, 2006). Buharlaştırma yöntemi ile lazerle kesilen en yaygın kullanılan polimerlerden biri Plexiglass' dir. Kesim sonucunda elde edilen ürün kalitesi mükemmeldir. Kesik kenarlar ise parlak bir yüzey şekline sahiptir. Basıncı ve akışı düşük olmalıdır. Kenarlarında kalan erimiş malzeme türbülanssız bir şekilde katılaşır (Caiazzo et al., 2005). Şekil 3'te buharlaştırmayla kesimin şematik resmi görünmektedir.



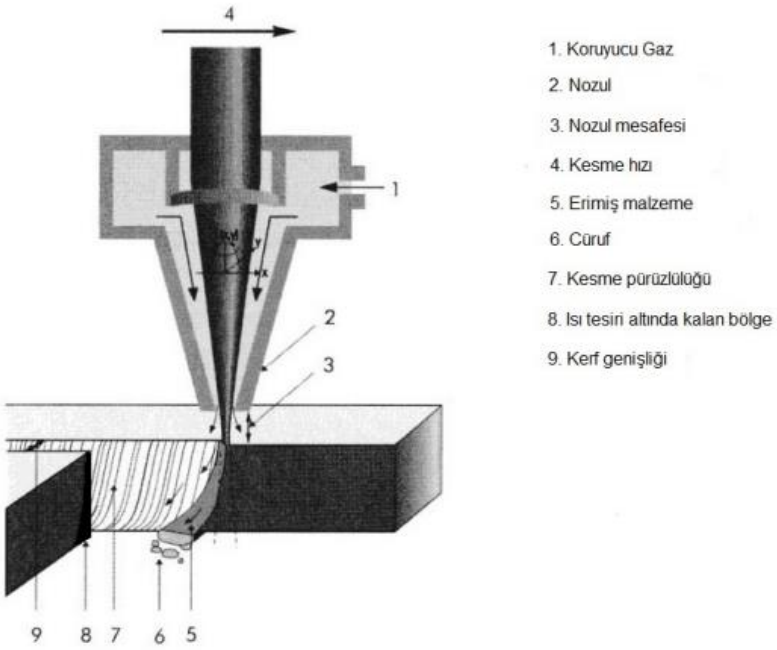
Şekil 3. Buharlaştırmayla kesim (Wandera, 2006).

Kimyasal Bozulma Yoluyla Kesim

Bu kesim yönteminde genel olarak kesim kenarlarında kalıntı olur ve duman çıkarır. Bu kesim yöntemi füzyon kesim ile karşılaştırıldığında yüksek lazer güç seviyesi gerektirir. Termoset malzemeleri kesmek için bu teknik kullanılır. Kesim kenarlarında karbonlu parçacıklar içeren kalıntılar kalır ve duman üretirler. Termoplastiklere nazaran termoset malzemeler için kesme hızları genellikle daha düşüktür. Lazer ve malzeme arasındaki etkileşim noktasında, ortaya çıkan yüzey sıcaklıkları daha yüksektir (Caiazzo et al., 2005).

4. POLİMER MALZEMELER İÇİN CO_2 LAZER KESİM PARAMETRELERİ

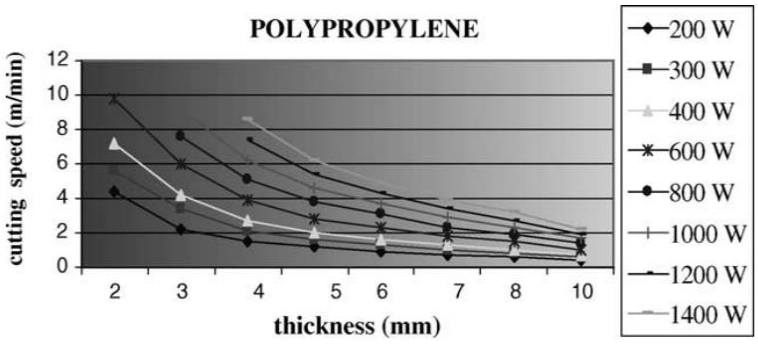
CO_2'li lazer kesim makinesinin temel parametreleri (lazer kesim hızı, lazer gücü, lens odak uzaklığı, yardımcı gaz basıncı vb.) kesimin kalitesini doğrudan etkiler. Her polimer malzemenin kendine uygun olan kesim parametreleri vardır. Genel kesim parametreleri şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Lazer kesim parametreleri (Wandera, 2006)

Lazer Kesim Hızı

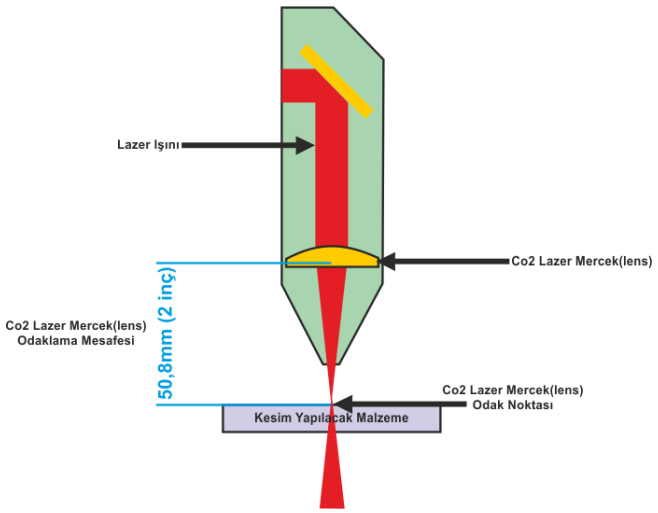
Malzemeye uygun kesme hızından düşük veya yüksek kesme hızları malzemede çapak oluşumu ve yüzey pürüzlülüğünde artırıcı etki yapar. Lazer gücünün sabit olduğu durumlarda ise genellikle kesme hızı malzeme kalınlığı ile ters orantılıdır. Isıdan etkilenen bölge ise kesme hızı ile ters orantılıdır (Tükel, 2020). Şekil 5'te farklı lazer güçlerinde, malzeme kalınlığının kesme hızına göre değişimi görülmektedir.



Şekil 5: PP malzemesi farklı lazer güçleri için kesme hızları ve kalınlıkları (Caiazzo et al., 2005).

Lazer Gücü

Bir lazerin gücü birim zaman içerisinde yaydığı toplam enerji olarak tarif edilir. Lazer ışın yoğunluğu ise, üretilen lazer gücünün kesme bölgesindeki alana bölünmesiyle elde edilen bir parametredir. Lazer gücü, CO_2'li lazer kesimde de ışının yoğunluğu olarak ifade edilir (Tunç, 2015). Düşük gücün iyi bir kesim kalitesi elde etmeye yol açtığı termal verimliliklerin incelenmesi ile kanıtlanmıştır. Genellikle, kesme sırasında iş malzemesinin hızlı eriyip çıkarılması için yüksek kesme gücü kullanılır. Şekil 6'da laser odaklanma durumu şekilsel olarak gösterilmektedir.

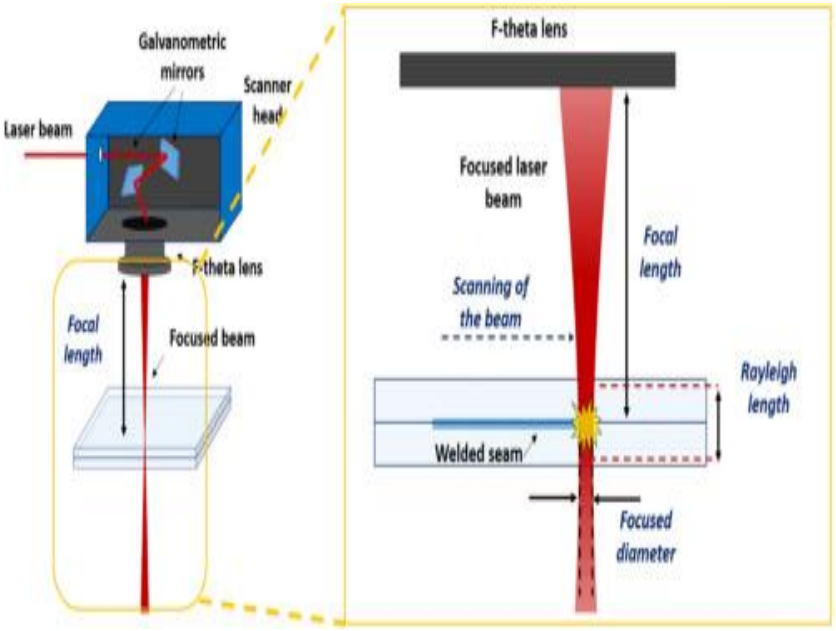


Şekil 6. Şematik Lazer odaklanması

Lens Odak Uzaklığı

Kesme sürecinde kaliteye etki eden en önemli parametrelerden biridir. Kesme işleminin kalitesi açısından kullanılan malzeme ve kalınlığa göre ayar yapılabilir (Tunç, 2015). Bir lensin ilk amacı ışık demetini malzemeye yaklaştırmak ve odaklamaktır. Lensin odak uzaklığı, farklı dışbükey lensler değiştirilerek ayarlanabilir. Geniş lens eğriliği kısa odak sağlarken, küçük eğrilik büyük odak

sağlar. Işının öncelikle malzemeyi kesmeye başladığı noktaya odak noktası denir. Şekil 7'de lens odak uzaklığının şematik resmi gösterilmektedir.



Şekil 7. Lens odak uzaklığı (Gstalter et al., 2019).

Yardımcı Gaz Basıncı

Gaz seçimi CO_2'li lazer kesim işleminde çıkan ürünün kalite ve üretimde önemli oranda etki eder. Genel olarak oksijen ve nitrojen gazları kullanılır. Özellikle nitrojen gazı ucuz olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Ürgüplü & Köksal, 2015). Gaz basıncı ne kadar yüksek olursa ısıdan etkilenen bölge o kadar az ve cüruf oluşumu da o kadar az olur. Yardımcı gazın saflık derecesi de kesme performansını etkileyebilir. Saflığın az olması kesme hızını azaltabilir ve cüruf oluşumunu artırabilir.

Ağızlık Çapı

Ağızlık tasarımı kesme kalitesini etkiler, 0,8-3 mm arasında değişir, malzemenin türüne ve iş parçasının kalınlığına göre seçim yapılır (Ürgüplü & Köksal, 2015). Daha dar bir meme çapı daha fazla akışa yol açar ve daha fazla erimiş malzeme miktarını uzaklaştırmaya katkı sağlar (Mushtaq et al., 2020).

Stand-off Mesafesi

Stand-off mesafesi (SOD), lazer kesim sisteminde iş parçası yüzeyi ve burun arasındaki mesafeye stand-off denir. SOD genellikle 0,5-1,5 mm arasındadır ve gazın akış modelinden yüksek derecede etkilenir (Mushtaq et al., 2020).

Darbe Sıklığı

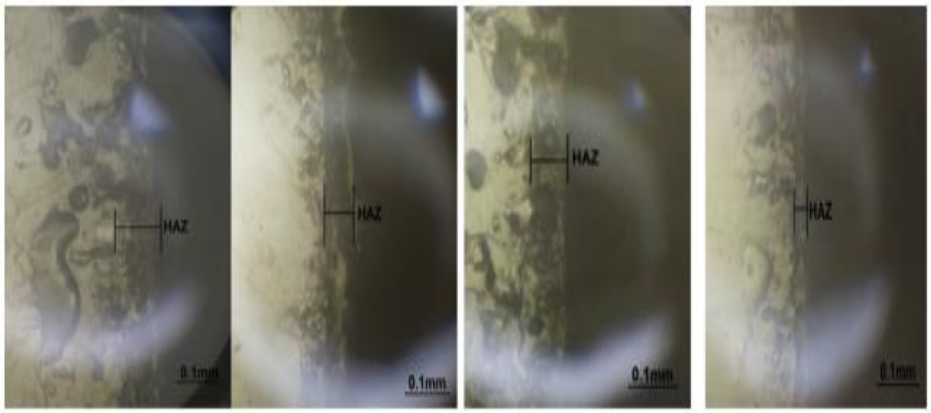
Son olarak darbe sıklığı ise darbe frekansı artması lazer darbe çakışmasını azaltır, daha sonra lazer giriş enerjisi kerf genişliğinin azalmasına neden olur. 600 Hz darbe frekansı ile kerf cüruf atılma oranı neredeyse sabit hale gelir. Kalınlık ve kesme hızının düzlük üzerinde önemli bir etkisi vardır. Lazer kesim kalitesi lazer çıkış yoğunluğu ve darbe frekansı değiştirilerek artırılabilir (Mushtaq et al., 2020).

Lazer Kesim Kenarlarının Özellikleri

Lazer kesim işlemlerinde kaliteli bir ürün çıkması için iş parçasının yüzeyindeki pürüzlülüğe, kerf genişliklerine, cürufa ve ısıdan etkilenen bölgeye bakılır.

Isıdan Etkilenen Bölge

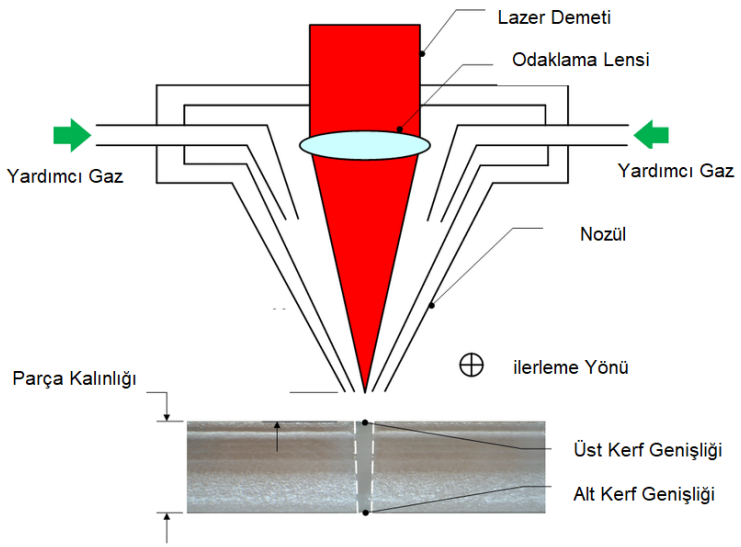
Lazer işlemi yüksek sıcaklık altında yapıldığından dolayı iş parçası işlem sonucunda ister istemez sıcaklıktan etkilenir. Şekil 8'de de görüldüğü gibi bu bölge ısıdan etkilenen bölge olarak adlandırılır. Bu bölgeler mikroskop yardımı ile gözlemlenebilir. Yardımcı gaz basıncının düşük değerde olması, lazer ışınının lazer gücünden daha yüksek olması iş parçasının daha fazla ısıdan etkilenmesine sebeptir (Tükel, 2020).



Şekil 8. Isıdan etkilenen bölge mikroskobik görünümü (Haddadi et al., 2019).

Kerf Genişlikleri

Malzeme erozyonu sonucu oluşan yuva olarak tanımlanır. Lensin odak noktası mesafesi kerf genişliğinde bir etkiye sahiptir. Lazerle kesme işleminde kerf boyutu ve geometrisi üzerindeki kesme parametrelerinin değerlendirilmesi, son ürünün kalite değerlendirmesinin önemli yönleridir. Lazer kesim üzerine yapılan optimizasyon çalışmaları, geliştirilmiş proses kontrolü ve son ürün kalitesinin güvence altına alınmasını sağlar. Şekil 9'da alt ve üst kerf oluşumu şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 9. Kerf genişlikleri (Khoshaim et al., 2021).

Çizgi Oluşumu ve Yüzey Pürüzlülüğü

Malzemenin kalitesini etkileyen en önemli etmenlerden biridir. Yüzey pürüzlülüğü iş parçasının farklı yerlerinin yüzey pürüzlülük değerlerinin ortalaması alınarak bulunur. Yüzey

pürüzlülüğüne etki eden en önemli etmenler kesme hızı, lazer gücü ve gaz basıncıdır (Uzungörür, 2015).

Çizgi oluşumu ise; eğer kesme hızı düşük ise çizgi lazer ışına paralel olarak; yüksek ise lazerin kesim yönünün tersi yönünde oluşur (Mungan, 2006).

Cüruf Oluşumu

Lazer kesim sırasında eriyen malzeme gaz basıncı yardımı ile atılır fakat bazı durumlarda bu eriyen iş parçasının kesilen bölgesinde kalarak cüruf oluşturabilir. Bunun nedenleri ise kesim hızının, lazer gücünün, odak noktasının ve gaz basıncının yanlış seçilmesinden dolayıdır (Tükel, 2020).

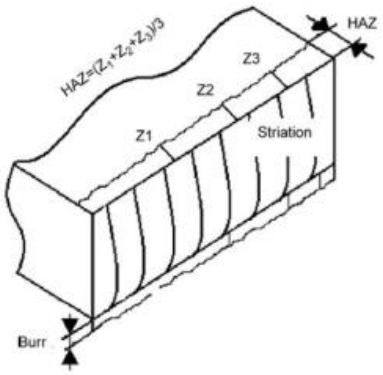
5. CO_2 LAZER KESİM UYGULAMALARI

Polimer malzemelerin CO_2 'li lazer kesimi birçok üretim süreçlerinde kullanılmaya başlanmıştır (Davim, Barricas, et al., 2008). Lazer kesim yüksek üretim kapasitesi gibi sağladığı avantajlardan dolayı en yaygın işleme yöntemlerinden biridir. Düşük maliyetli olmasından, yüksek hassasiyete duyarlı olmasından dolayı tercih edilirler (Haddadi et al., 2019).

Daha önce yapılan çalışmalara incelendiğinde, 2004 yılında yapılan çalışmada düşük güçlü lazer kesimi ile metalik olmayan parçaların kesildiği görülmüştür. Araştırmaların genelindeki ortak nokta malzemelerin özellikleri ve kesme işlemi değişkenlerinin arasındaki bağımlılıktır. Lazer gücünün ve kesme hızının kesme kalitesinde ana roller olduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Bunların yanında kesilen iş parçasının termal özellikleri ve kesme mekanizması da önemli bir etkiye sahiptir. İki faklı kesme mekanizması vardır. Bunların ilki gaz tarafından lazer ışını tarafından malzemenin eritilmesi ve ana malzemeden deşarj edilmesidir. İkinci durum ise lazer ışını ile kesme alanına doğrudan süblimine etmek ve bunu gaz fazına dönüştürmektir. Malzemenin eritme mekanizması ile kesilmesi problemli bir süreçtir çünkü kesilen malzeme kaplama gazı ile ana malzemeden ayrılırken çıkarılan malzemenin bazı kısımları kesici kenarlara yapışır (Haddadi et al., 2019).

İnce metallerde, hassas ve yüksek yoğun metallerde iyi kesim kalitesi sağlarlar. Ayrıca lazer kesim bu malzemelerin yanında cam, metal, odun, plastik gibi çeşitli malzemelerin kesiminde de kullanılır. Klasik bir lazer ışını 0,2 mm genişliğinde ve 1000-2000 W arasında bir yoğunluğa sahiptir. Bu işlemlerde farklı kalınlıklardaki plastik kesmek için ışının yoğunluğu değiştirerek işlem yapılır. Lazer makineleri sadece kesim için kullanılmaz şekil vermek için de kullanılabilir. İş parçasına temas etmediği için malzemede aşınma ve yırtılma meydana gelmez (Choudhury & Shirley, 2010).

İyi tasarlanmış polimer malzemeler (polipropilen, polikarbonat ve polimetil metakrilat) 500 W gücünde lazer kesim işlemine tabii tutulmuş olup, bu deneyden çıkan sonuç ise tüm polimer malzemeler ısıdan etkilenen bölge lazer gücü ile doğru orantılı, kesme hızı ve basınçlı hava ile ters orantılı olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 10'da görüldüğü gibi ısıdan etkilenen bölge ölçülmüş ve ölçüm sonuçlarına göre Propilen için 43,6 μm, PC için 43,1 μm ve PMMA için ise 24,8 μm çıkmıştır. Çalışmada yapılan görsel olarak gözlemler sonucunda ise PMMA'nın yüzey kalitesinin diğer iki malzemeye göre daha iyi göründüğü belirtilmiştir. Lazer ışınının ısıdan etkilenen bölgeye etkisi diğer değişkenlere göre daha fazladır. Yüzey pürüzlülük değeri; lazer gücü, kesme hızı ve basınçlı hava ile ters orantılıdır. Kesme hızı ve basınçlı havanın etkisi yüzey pürüzlülüğünde lazer gücüne göre daha önemlidir. Lazerle kesilmiş kenar ve yüzeylerin kalitesi PMMA malzemesinin PP ve PC malzemesine göre daha iyidir (Choudhury & Shirley, 2010).



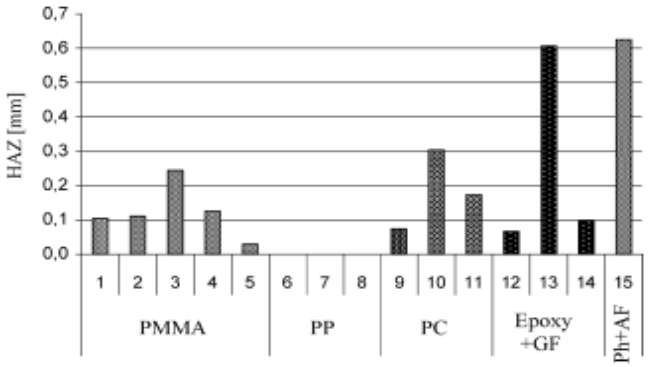
Şekil 10. Isıdan etkilen bölge ölçüm yöntemi (Choudhury & Shirley, 2010).

CO_2 lazer kesiminin 3 adet polimere (polikarbonat, polietilen, propilen), 2-10 mm arası farklı kalınlıklara ve farklı parametreler kullanılarak (Kesme hızı, lazer gücü vb.) uygulanması analiz edilmiştir. Analizlerden, lazer gücü, kesme hızı aralığı, odaklama merceğinin türü, örtücü gazın basıncı ve akışı, numunelerin kalınlığı gibi değerleri incelenmiştir. Bunun yanında erimiş alanın hacim ve yüzey pürüzlülük değerleri de analiz edilmiştir. Bu polimer malzemelere uygulanan CO_2 lazer kesimin yüzey pürüzlülük değeri (Ra) değeri kesme hızı arttıkça azalır ve onlar (polimer malzemeler) örnek olarak bir inşaat çeliği ile karşılaştırılınca daha düşük Ra değerine sahip oldukları gözlemlenmiştir. Üç polimer malzeme için pürüzlülük değeri (Ra) değerleri gözlemlenmiş olup karşılaştırma amaçlı 5 mm kalınlığında Fe370 yapı çeliği baz alınmıştır. PE için kalınlık ve hızdaki değişiklikler, Ra için dikkate değer bir değişiklik değildir (Ra=1 μm). PP için, kalınlığı ikiye katlarsak, gücü ise sabit tutarsak ve hızı da yarıya indirirsek, Ra değeri iki katına çıkar, 0,7'den 1,4 μm'ye yükselir. PC için, kesmede hem kalınlığı hem de gücü ikiye katlarsak hızlar ve gözlemlenen Ra değerleri çok fazla farklılık göstermez (2,02'den 2,08 μm'ye kadar) ve (=2-3 μm) bandında olur (Caiazzo et al., 2005).

Čep ve arkadaşları tarafından yapılan bir başka çalışmada, CO_2'li lazer kesimde uygun şartların belirlenmesi için üç farklı plastik malzemede meydana gelen yüzey durumu incelenmiştir. Bu çalışmada polipropilen, polimetilmetakrilat ve poliamid malzemeler numune olarak seçilmiştir. Bu numuneler farklı besleme hızlarında ve lazer gücünde kesilerek daha sonra cihaz yardımı ile pürüzlülük değerleri kıyaslanmıştır. Diğer yandan çalışma sonunda belirlenen parametrelerin (besleme hızı, lazer gücü) kesim sonucunda farklı yüzey şekillerine neden olduğu da ortaya çıkmıştır. Mekanik ve termal özellikler olarak nihai olarak ölçülen değerler ile en iyi yüzey pürüzlülüğü olan parçalar elde edilmiştir. Lazer kesiminde kesme hızı, lazer gücü ve odak uzaklığı yüzey pürüzlülüğü etkileyen ana değişkenlerdir. Ayrıca polimer malzemeler lazer makinesi ile bir defada kesilebilirken, sinter malzemelerin tek seferde kesilemediği gözlemlenmiştir (Čep et al., 2016).

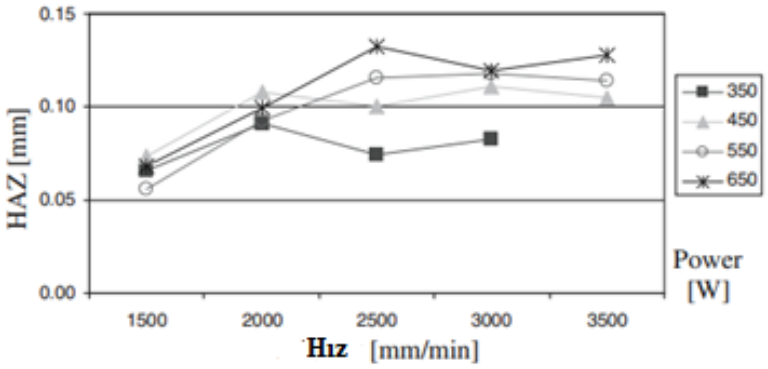
Bazı polimer malzemelerin kesim kalitesi değişkenleri altında (lazer gücü ve kesme hızı) işlemenin etkisini gözlemleme amacıyla yapılan çalışmalar da bulunmaktadır. Davim ve arkadaşları yaptıkları çalışmada farklı kalınlıklardaki üç polimer daha önce belirlenmiş bir işleme tabii tutulmuştur. Burada amaç kesimin kalitesini (Çapak, ısıdan etkilenen bölge) gözlemlemektir. Polimer malzemelerin CO_2'li lazer kesimiyle ilgili deneysel olarak şu sonuçlar çıkarılmıştır: ısıdan etkilenen bölge (ITAB) lazer gücü ile artarken, kesme hızı ile azalmıştır. Termoset plastiklerin kesilen yüzeyin bozulduğu gözlenmiş olup, ısıdan etkilenen bölgenin yüksek olduğu için ise işlenebilirlik oranının zayıf olduğu gözlenmiştir. PC malzemesinde 0,06-0,15 mm arasında çapak boyutu ve 0,10-0,20 mm arasında ısıdan etkilenen bölge boyutu oluşur. PMMA (Polimetilmetakrilat) malzemesi ise 0,06-0,13 mm ısıdan etkilenen bölge oluşurken, çapak oluşmaz. Polimer malzemelerin lazer kesim ile işlenebilirlik işlemi PMMA için çok iyi, PC iyi ve PP için ise

termoset plastik takviye ederek yüksek/orta şeklindedir. Şekil 11'de bazı malzeler için ITAB boyutu görülmektedir (Davim, Barricas, et al., 2008).



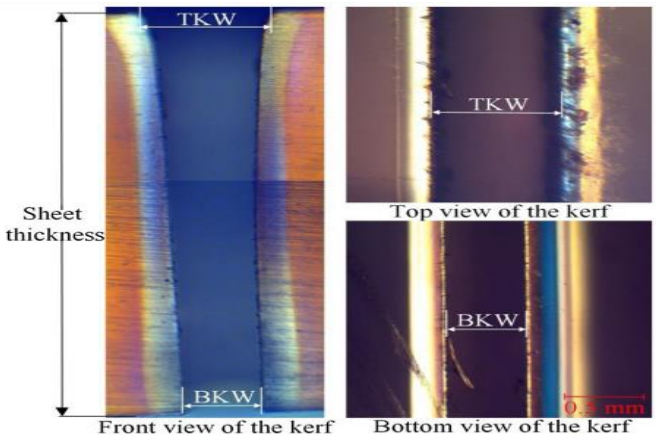
Şekil 11. Bazı malzeme için ITAB boyutu (Davim, Barricas, et al., 2008).

Lazer gücü ve kesme hızının değişiminin PMMA kesim kalitesini ne yönde etkilediği hakkında sonuçlar elde edebilmek için Malzemenin numune 6 mm kalınlığında seçilmiştir. Amaç kesim kalitesi adı altında yüzey pürüzlülüğü ve ısıdan etkilenen bölgeyi analiz etmektir. PMMA malzemesinin CO_2 lazer kesimi ile kesiminden elde edilen deneysel sonuçları ısıdan etkilenen bölgenin lazer gücü ile arttığı, kesme hızı ile azaldığı gözlemlenmiştir şeklinde ifade edilebilir. Bu durum şekil 12'de açıkça görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğü de lazer gücünün azalmasıyla ve kesme hızının artmasıyla artar. (Davim, Oliveira, et al., 2008).



Şekil 12. PMMA malzemesi için birkaç lazer gücünde ITAB ve hız değerleri (Davim ve ark., 2008).

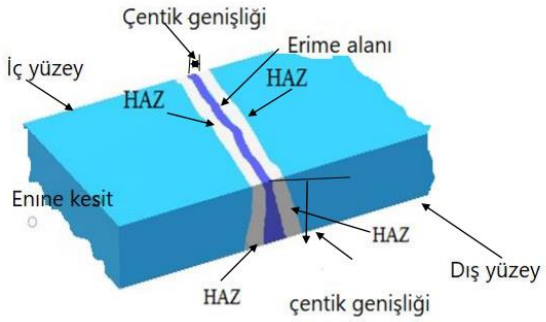
Khoshaim ve arkadaşları tarafından CO_2 lazer makinesi kullanılarak PMMA levhaların kesilmesi sırasında çentik kalitesini artırmak amacıyla deneysel olarak analiz etmek için bir çalışma yapılmıştır. Bundan dolayı kesme değişkenlerinin araştırılması ve incelenmesi için kesme hızı, lazer ışının gücü ve levha kalınlığı incelenmiştir.



Şekil 13. Kerf genişliklerinin mikroskobik görüntüleri (Khoshaim et al., 2021).

Deney sonuçlarına göre malzeme kalınlığının etkili olduğu gözlenmiştir. Sac kalınlığının artırılması üst kerf genişliği (TKW), alt kerf genişliği (BKW) ve konik kerf (KT)'nin azalmasına neden olmaktadır(Şekil 13). Kesme hızı kerf geometrisini etkileyen ikinci etmendir. Kesme hızının artması TKW'nin azalmasına, BKW önemli derecede azalmasına ve KT'nin artmasına neden olmaktadır. Lazer ışınının artması ise kerf geometrisinin üzerinde orta dereceli bir etki yapmaktadır. Kesme gücünün azalmasıyla TKW ve BKW'de küçük bir düşüşe; gücün artmasıyla ise KT'nin belirli bir eşiğe kadar artmasına, daha fazla güç artışıyla ise azaldığı gözlemlenmiştir. Gaz basıncının ise TKW üzerinde orta düzeyde bir etkisi varken, gaz basıncının artmasıyla BKW değeri azalırken KT üzerinde önemsiz bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir (Khoshaim et al., 2021).

Lazer ile değişik malzeme türleri üzerinde birçok çalışmalar yapıldığı literatürde görülmektedir. Al-Qaisy tarafından yapılan çalışmada yüksek yoğunluklu polietilen borudan (HDPE) çeşitli gazlar kullanılarak (hava, N_2 ve O_2) ve borunun üç farklı geometrik parça kesilerek malzemede meydana gelen değişiklikler analiz edilmiştir. Bu çalışmasının üç ana hedefi vardır, ilk olarak HDPE borusunun üzerinde CO_2'li lazer kesimini incelemek, ikincisi ise kesilen üç farklı geometrik şeklin belirlenen ölçülerle kesiminin incelenmesidir. Son olarak ise farklı gaz türlerinin 4 inç boruda kesim kalitesine etkisi gözlemlenmiştir. HDPE malzemesinin seçilmesinin başlıca nedenleri diğer polietilen grupları ile karşılaştırıldığında diğer gruplara nazaran sertlik, çekme mukavemeti, yalıtım vb. gibi daha yüksek yalıtım özelliklerine sahiptir. Bu borular petrol, gaz, vb. taşımalarda kullanılmaktadır. Sonuç olarak üçgen, kare ve daire olmak üzere 3 farklı geometrik şekil kesilmiş olup, 3 farklı yardımcı gaz türü kullanılmıştır. Lazer kesim hızı için en iyi performansın lazer ışını kalitesi ile alakalı olduğu gözlemlenmiştir. Kesim gücü olarak ise CO_2 lazer makinesinin kesme gücü 2000W olup bu çalışmada 200-500W arasında kullanılmıştır. Yardımcı gazın türüne bağlı olarak en düşük güç 218 W olduğu gözlemlenmiştir. Kesim gücünün hava ve N_2 yardımcı gazı ile kullanıldığında ise 470 W olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek kalitede kesim sağlamak için lazer gücünün; füzyon kesimi üzerindeki yüksek oksijen oranının bulunması nedeniyle termoplastik polimerler için kesmenin değerlendirilmesinde en etkili parametreler olabileceği anlamına gelmektedir. Çentik genişliği olarak bakıldığında iç yüzeyde farklı çentik genişliği gözlemlenmiş olup, dış yüzeyde ise yardımcı gazların çentik genişliği üzerinde farklılık göstermediği gözlemlenmiştir(Şekil 14).



Şekil 14. Çentik genişliği ve derinliği (Al-Qaisy, 2019).

Yüzey pürüzlülüğü açısından bakıldığında yardımcı gazların farklı çeşitleri, sabit kesim hızında yüzey pürüzlülüğünü etkilemediği gözlemlenmiştir. Kesme hızının doğru parametreleri, yardımcı gazların gücü ve türü, pürüzlülüğü azaltabilmektedir. Isıdan etkilenen bölgenin farklı yardımcı gazlardan etkilenmediği fakat güce, kesme hızına ve iş parçasının türüne bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Düşük gücün ısıdan etkilenen bölgeyi görmezden gelecek kadar küçük olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada kesme hızı sabit tutulmuştur, ayrıca polimerlerin kalitesi ile kesme hızı arasında ters ilişki olduğu sonucuna varılmıştır (Al-Qaisy, 2019).

Makinelerin uygun değerlerle çalıştırılması verimlilikleri yönünden büyük öneme sahiptir. İncelemelerde genel kesme değişkenleri ortak tutulmakla beraber farklı malzemeler karşılaştırılmıştır. Çıkan sonuç ise her malzemenin kendine uygun değerlerinin olduğu bir malzemeye uygun olan değerlerin diğer malzemede uygun değer olmadığı görülmüştür. Bu sebeplerden dolayı malzeme çeşidine göre çalışmalar göz önüne alınarak fazlalaştırılmalıdır. Örnek olarak alüminyum ve magnezyum alaşımları ile performans çelikleri yönünde çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer yandan kompozit malzemeler, polimer malzemeler ve ahşap malzemelerin otomotiv ve mobilya sektöründe öneminin giderek artmasından dolayı bu alanda çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Çavdar ve Tanrısever, 2013).

Plastik malzemelerin günümüzde çoğu endüstride kullanılmasının yaygınlaşması sebebiyle şekillendirme problemleri de ortaya çıkmıştır. Bu şekillendirme işlemlerinden birisi de kesme işlemidir. Kesme işlemi için lazer uygulaması birçok endüstride kullanılmaya başlanmıştır. Çalışmada PTFE ve POM malzemeleri kullanılarak kesme parametreleri araştırılmıştır. Basınç ilerleme hızı ve güç parametreleri değişken kabul edilmiş ve bunlar için deney tasarımı yapılmıştır. Kesilen parçaları boyut ölçümlerini incelemek için daire, kare ve üçgen şeklinde kesimler yapılmış olup PTFE ve POM malzemelerin lazerle kesilmeleri esnasında en uygun basınç ilerleme hızı ve güç değerleri belirlenmiştir (Kurt, 2006).

Cam elyaf takviyeli polimerik malzemeler hafif ve mukavemeti yüksek olması sebebiyle hava, uzay teknolojileri, gıda ve otomotiv gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Çalışmada bu malzemenin kalıplama işleminden sonra kalan parçaların kesilmesi mekanik olarak yapılmaktadır. Bu durumda zaman kaybı ve fazla maliyet oluşturmaktadır. Bu sebeplerden dolayı lazer kesim ile bu işlemler yapılmaktadır. Farklı renkler ve 5 mm kalınlığında malzemeler için en uygun kesim parametreleri belirlenmiş olup kesme ve delme işlemleri başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir (Türkmen., 2018).

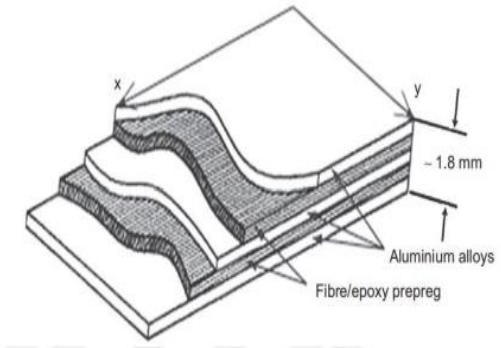
İki farklı fiber destekli polimer kompozit malzemeler ile 5 farklı enerji, 5 atım süresinde ve 3 odak noktası alanında 1064 mm dalga boyuna sahip darbeli lazer kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir. Meydana gelen çukurların mikroskop yardımıyla incelenmiştir. Buradan çıkan sonuçlar ise kaliteli yüzeylerin oluşabilmesi için optimum değerler belirlenmiş olup, ısıdan etkilenen bölge malzeme ile lazer etkileşim süresi ile bağlantılı olduğundan kısa atım sürelerinde çalışılması ısıdan etkilenen bölgeyi sınırlandırmıştır (Korkusuz, 2021).

PE, PP ve PVC malzemeleri lazer kesim ile 35*110*5 mm boyutlarında kesilerek deneysel çalışma için üç farklı yüzey işlemi yapılmıştır. Bu seçme işlemi literatür çalışmaları incelenerek belirlenmiştir. Genel olarak bakıldığında plastik malzemelerin düşük yüzey enerjilerini arttırmak ve ıslanabilirlik direncini azaltmak için ön yüzey uygulamaları yapılmaktadır. Ön yüzey çalışması yapılmış ve yapılmamış olan malzemelerde dayanım değerleri arasında yüksek oranda farklar tespit edilmiştir. (Kaner, 2017)

Fiber takviyeli kompozit malzemeler yüksek mukavemet ve düşük ağırlığa sahip olmaları gibi güçlü mekanik özelliklere sahip olduklarından dolayı havacılık, uzay ve askeri alanda kullanılmaktadır. Fakat ne kadar güçlü mekanik özelliklere sahip olsalar da işlenebilirlik açısından bazı problemler ortaya çıkmaktadır. Bu malzemelerin deneysel olarak işlenebilirlik açısından etkileri incelenerek %10, %20 ve %30 cam fiber takviyesi ve rockforce minerali aynı derecede kullanılması, malzeme olarak ise polyamid 6 tercih edilmesi belirlenmiştir (Özen, 2015).

Lazer tekniği kullanılarak üretilen BSCCO süper iletkenine Yb katkısı yaparak bu malzemeyi süper iletkenliğinin yapısal, elektriksel ve magnetik özelliklerini incelenmek amacıyla yapılan bu çalışmada Yb katkı oranının artmasıyla süper iletkenliği ve fiziksel özelliklerini olumsuz etkilediği görülmüştür (Gündoğmuş, 2013).

Aksüt, Şekil 15'de görülen 0,8 mm kalınlığındaki AA 6061-T4 numunelerin yüzeyleri zımparalama, FPL-Dağlama ve farklı lazer güç, hız ve frekanslarda yüzey işleme ve tekrarlı lazer değişkenleriyle işleme işlemleri yapılmıştır. Amaç metal ve prepreg malzeme arasındaki yapıştırmayı artırmaktır. Sonuç olarak lazer yüzey işleminin zımparalama ve FPL-Dağlama işlemlerine göre üstünlükleri gerçek ve objektif olarak kanıtlanmıştır (Aksüt, 2021).



Şekil 15. Fiber Metal Tabakalı Kompozitin Görünüşü (Aksüt, 2021)

Lazer günümüzde geleneksel yöntemlere göre daha hassas ve düşük toleranslar içinde gerçekleştirilmektedir. Bu sebeplerden dolayı lazer teknolojisi günümüzde geniş bir kullanıma sahip hale gelmektedir. Çeliklerin lazerlerle etkileşimi için malzemenin özellikleri detaylı bir şekilde incelenmesi ve lazerin malzemedeki etkisinin ayarlanması çok önemli bir husustur. AISI 1045 çeliğine uygulanan 1070 mm dalga boyundaki lazer ile yüzey pürüzlülüklerindeki değişimler gözlenmiştir. Deneyler sonunda bu malzemelerin farklı yüzey pürüzlülüklerinde optik özelliklerin (yansıtma, soğurma, kırılım ve geçirme) ölçümü yapılmıştır. Ölçümlerin detaylı yüzey özellikleri taramalı elektron mikroskopu kullanılarak gözlemlenmiştir (Bingöl., 2018)

Elyaf takviyeli kompozit malzemeler hafif, yüksek mukavemet gösteren ve nem, korozyon dayanımı gösteren fakat ani darbelere karşı zayıf ve kırılgan bir malzemedir. Bu sebeplerden dolayı araştırmacılar elyaf ve metal parçaları bir arada lamine ederek FML(Fiber Metal Laminate) malzemeleri üretmişlerdir(Şekil 16). Bu malzemeler lazer ile yüzey iyileştirilmeleri yapılarak dayanımı artırılmıştır. Sonuç olarak FML malzemelerin mekanik özelliklerini önemli oranda etkilemektedir. Bu çalışmaların yanı sıra FML katmanların tutunma yüzeylerini iyileştirme konusunda da çalışmalar yapılmaya devam etmektedir (Boztepe., 2020).



Şekil 16. FML kompozitlerin gösterimi (Boztepe., 2020)

Titanyum ve alaşımlarının malzemelerinin işlenmesinde verimi artırmak ve yüzey kalitesini iyileştirmek açısından geleneksel yöntemlerden farklı olarak yüksek hızlı işleme, lazer ışını ile işleme ve ultrasonik işleme gibi geleneksel olmayan yöntemler uygulanmaktadır. Titanyum malzemesinin erime noktası yüksek olduğundan malzeme kaldırma metotlarının malzemeyi işleyebilmek için yüksek enerji vermesi gerektiği bunun en iyi örneğinin ise lazer ışını işlemesidir. Bunun yanında lazer kesim işlenen numunede ısıdan etkilenen bölge oluşturmaktadır ve titanyum ve alaşımlarının ince işlem gerektiren işlemlerde kullanılabilirken büyük alanlarda tercih edilen yöntem değildir. Bunlara ek olarak güvenlik açısından kısıtlıdır (Hanlıoğlu, 2018).

Lazer ışını diğer ışınlardan farklılık gösterebilir. Bu ışınların belirli bir dalga boyu, frekans ve faza sahip fotonları vardır. Bu sebeplerden dolayı lazer ışınının yüksek güç yoğunluğunda ve çok güçlü odaklanma özelliğine sahiptir. Lazerle kesme şekil verme işlemleri gelecekte daha da çok uygulanacaktır. Metal malzemeler dışında kompozit, polimer malzemeler ile de çalışma yapılmalıdır. Bu malzemelerin çeşitli sektörlerde kullanımları giderek artmaktadır (Çavdar & Tanrısever, 2013).

Günümüzde lazer kesim yönteminin maliyet ve kalite yönünden üstün özellikleri sebebiyle ön plana çıkmaktadır. Lazer kesim özellikle imalat alanında çelikleri kesme işleminde çok büyük avantajlara sahiptir. Celalettin tarafından yapılan çalışmada 304 paslanmaz çeliğin fiber lazer ile kesim işleminde kesme hızı, yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişlikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuç ise yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişliği için en etkili parametrenin odak mesafesi olduğu, ilerleme hızının ise sınırlı kaldığı belirlenmiştir (Celalettin, 2019).

Cebeci taradında yapılan çalışmada AISI 310 paslanmaz sac malzemesine lazer kesim ile yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişliğindeki değişimleri incelenmiştir. Çalışma iki farklı gaz basıncı, dört farklı kesme hızı ve dört farklı frekans kullanılarak yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda malzemelerin yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişlikleri ölçülmüştür. Çıkan sonuçlar ise kesme hızının ve frekansın artması ile yüzey pürüzlülük değerinin azalmasına, kesme hızının artması kerf genişliğinin azalmasına neden olurken, frekansın artması ise kerf genişliğinin artmasına sebep olmuştur (Cebeci., 2020).

Lazer kesim temelinde aynalar ile lazer ışınının malzemeye yüksek oranda ısı gönderen ve mercek ile malzemeye odaklanması prensibi ile çalışmaktadır. Çalışmada kesim parametrelerinin malzemelere göre hangi aralıklarda kadar kesim işlemiş yapılabileceği incelenmiştir. Sonuç olarak ise lazer ile kesimin güvenilir, düşük maliyetli ve kaliteli bir kesim prosesi olduğu belirlenmiştir (Mungan, 2006).

Parçaları kesmek için birçok kesme yöntemi mevcuttur. Her birinin kendilerine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. Çalışmada CO_2 lazer kesim işleminde kesim kalitesini etkileyen parametreler analiz edilmiştir. Odak nokrası, kesme hızı, kesme gazı ve gaz basıncı gibi parametrelerin kesim kalitesini nasıl etkilediği belirlenmiştir. Sonuç olarak kesme parametrelerinin değiştirilmesi ile numunelerin sertliklerinin yakın olduğu bunun nedeninin ise numunelerin faz

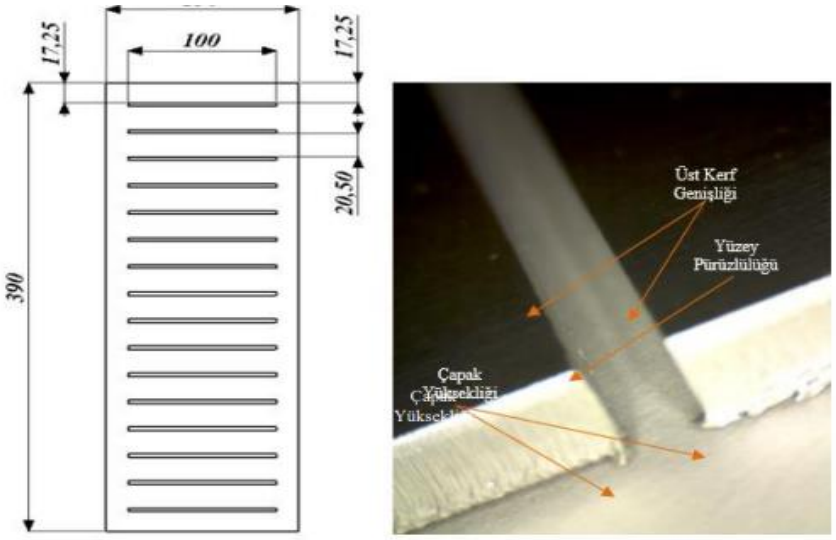
değişiminin aynı olmasından dolayıdır. Kesme parametrelerinin uygun olarak ayarlanmasıyla yüzey kalitesi ve ısıdan etkilenen bölge genişliği en uygun şartlarda tutulabilir olduğu kanısına varılmıştır (Arcan, 2011).

Lazer gaz destekli kesim işleminde yardımcı gaz yapılan işleme göre reaktif veya inert olabilir. Örneğin metal kesme işleminde oksijen(reaktif) kullanılırken diğer taraftan argon ve helyum(inert) plastik ve ahşap malzemeleri kesmek için kullanılır. Çalışmada CO_2 gazlı lazer sistemi ile HSLA çeliği kesim işlemi uygulanmış olup, kesimin iyi kalitede, verimli ve tasarruflu olduğu gözlenmiştir. Lazer kesimin kalite ve maliyet yönünden diğer kesme işlemlerine nazaran daha avantajlı olduğu kanısına varılmıştır (Matoug, 2019).

AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğe lazer kesim ile farklı kesim parametrelerinde delik kalitesinin belirlenmesi için çalışmalar yapılmış olup çapak yüksekliği ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ANOVA analizi incelenmiştir. Çıkan sonuçlar ise ferritik paslanmaz çeliğin basıncın yükselmesi ile yüzey pürüzlülük değerlerinde azalma görülürken, ilerleme hızının artması ile de yüzey pürüzlülük değerinin arttığı sonucuna varılmıştır (Uzun, 2019).

AISI 304-310-316-430 dört farklı paslanmaz sac malzemeye lazer kesim ile frekans, kesme hızı gibi önemli kesim parametrelerinin çapak, yüzey pürüzlülüğü ve kerf boyutları üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmada yardımcı gaz olarak oksijen kullanılmıştır. Sonuç olarak ise kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü, kerf genişliği ve çapak boyutunun azalmasına sebep olmuştur. Diğer yandan frekansın artması ise yüzey pürüzlülüğün azalmasına ve kerf genişliğinin artmasına sebep olduğu gözlenmiştir (Cebeci, 2021).

Cebeci tarafından Şekil 17'de görüldüğü gibi St-37 ve St-52 sac malzemelere lazer kesim ile farklı kesme parametrelerinin (kesme hızı, basınç ve frekans) kerf genişlikleri, çapak boyutu ve yüzey pürüzlülüğe nasıl etki ettiğini incelemek için bir çalışma yapılmış olup, basınç değerinin artması sonucu yüzey pürüzlülüğünde artış olduğu kanısına varılmıştır. Kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı ve sabit basınçda kesme hızının artmasıyla çapak yüksekliğinde azalma olduğu gözlenmiştir. Sabit kesme hızında ise basıncın artması ile çapak yüksekliğinde azalma olduğu gözlenmiştir. Basınç değerinin artırılması ile kerf genişliğinde artış meydana gelirken, kesme hızında artmanın kerf genişliğinde azalma meydana geldiği gözlenmiştir (Cebeci, 2021).



Şekil 17. Numuneler üzerinden ölçüm yapılan yerler (Cebeci, 2021)

Ti-6Al-4V malzemesinin lazer kesim ile kesiminin farklı parametrelerin (akım şiddeti, kesme hızı ve yardımcı gaz basıncı) ürün kalitesine etkisi incelenmiştir. Kesme işlemi sonrasında malzemelerin kerf genişlikleri, kerf eğim açıları ve yeniden katılaşan tabaka kalınlıkları ve yüzey pürüzlülük değerleri taramalı elektron mikroskopu ile ölçülmüş ve uygun parametreler

belirlenmiştir. Sonuç olarak lazer gücünün artması ile yeniden katılaşan tabaka kalınlığı ve kerf genişliği artmış, hızın artması ile de kerf genişliği ve yeniden katılaşan tabaka kalınlığı azaldığı gözlenmiştir (Mustafa, 2018).

6. SONUÇ

Polimer malzemeler için CO_2 'li lazer kesim birçok üretim tesislerinde yaygın hale gelmiştir. Hızlı üretim, çıkan iş parçasının kalitesi ve birçok neden yaygın hale gelmesinin temel sebeplerindendir. Bu çalışma, farklı polimer malzemelerin CO_2 'li lazer kesim makinesinde iş parçasında çıkan ürünün en iyi kalitesini (kerf genişlikleri, yüzey pürüzlülük, ısıdan etkilenen bölge, cüruf, çizgi oluşumu) bulmak amacıyla farklı lazer parametrelerinin (kesme hızı, lazer gücü, odak noktası) gibi parametrelerin en uygun değerleri araştırılarak okuyucuya sunmak amacını taşımaktadır. CO_2'li Lazerle kesim konusundaki literatürü taranmış ve konu ile ilgili yeni çalışmalar incelenmiştir.

- İş parçasındaki termal hasarları en aza indirmek için lazer kesme hızı artırılır. Kesme derinliği kesme hızı ile ters orantılıdır.
- Genellikle, kesme sırasında iş malzemesinin hızlı eriyip çıkarılması için yüksek lazer gücü kullanılır.
- Geniş lens eğriliği kısa odak sağlarken, küçük eğrilik büyük odak sağlar. Işının öncelikle malzemeyi kesmeye başladığı noktaya odak noktası denir.
- Gaz basıncı ne kadar yüksek olursa ısıdan etkilenen bölge o kadar az ve cüruf oluşumu da o kadar az olur. Yardımcı gazın saflık derecesi de kesme performansından etkilenir. Saflığın az olması kesme hızını azaltabilir ve cüruf oluşumunu artırabilir.
- Daha dar bir meme çapı daha fazla akışa yol açar ve daha fazla erimiş malzeme miktarını uzaklaştırmaya katkı sağlar.
- Darbe frekansı artması lazer darbe çakışmasını azaltır, daha sonra lazer giriş enerjisi kerf genişliğinin azalmasına neden olur.
- Lensin odak noktası mesafesi kerf genişliğinde bir etkiye sahiptir.
- Cürufun oluşumu malzemenin viskozitesine ve yüzey gerilimine bağlıdır.

KAYNAKÇA

Aksüt, R. (2021). Fiber lazer tekniği kullanılarak fiber metal tabaklaı kompozitlerin metal/prepreg kumaş arayüzey dayanımının geliştirilmesi Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Al-Qaisy, S. J. S. (2019). Co2 Gaz Lazeri Kullanilarak Yüksek Yoğunluklu Polietilen (Hdpe) Borularin Kesilebilirliğinin Araştirilmasi Kastamonu Üniversitesi].

Arcan, A. (2011). Lazer ışını ile metallerin kesilmesine etki eden parametrelerin incelenmesi DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü].

Başar, G., Kırlı Akın, H., Kahraman, F. (2020a). Tepki yüzeyi metodolojisi kullanılarak nanokompozitin delinmesinde oluşan itme kuvvetinin modellenmesi ve analizi. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 8(2), 293-305.

Başar, G., Fedai, Y., Kırlı Akın, H. (2020b). Kompozit Malzemelerin Delme İşleminde İtme Kuvvetinin Taguchi Metodu ile Optimizasyonu ve Regresyon Analizi ile Tahmini. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35(4), 969-982.

Bingöl, M. K. AISI 1045 çeliğinin yüzey kalitesinin lazerle yapılan işlemlere etkisi Fen Bilimleri Enstitüsü].

Boztepe, M. H., Bayramoğlu, M., Çağrı, U., ve Geren, N. (2020). Alternatif FML Kompozitler için Titanyum ve Elyaf/Epoksi Ara Yüzey Dayanımının İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35(3), 813-820.

Caiazzo, F., Curcio, F., Daurelio, G., & Minutolo, F. M. C. (2005). Laser cutting of different polymeric plastics (PE, PP and PC) by a CO2 laser beam. Journal of Materials Processing Technology, 159(3), 279-285.

Cebeci, İ. (2021). Lazerle Kesme İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin Kerf Genişliği, Çapak Yüksekliği Ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Araştirilmasi

Cebeci, İ. b., Barış, Ö., & DEMİR, H. (2020). AISI 310 kalite östenitik paslanmaz sac malzemenin lazerle kesilmesinde kesme parametrelerinin kesim kalitesine etkisinin incelenmesi. Journal of the Institute of Science and Technology, 10(4), 2791-2799.

Cebeci, R. (2021). St-37 VE St-52 Sac Malzemelerin Lazerle Kesilmesinde İşleme Parametrelerinin Kesim Kalitesine Etkisinin İncelenmesi

Celalettin, Y. (2019). Paslanmaz çelik malzemelerin fiber lazer kesiminde proses parametrelerinin optimizasyonu. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 24(2), 685-696.

Čep, R., Malotová, Š., Pagáč, M., Sadílek, M., Lichovník, J. (2016). Parameters influence of CO2 laser on cutting quality of polymer materials.

Choudhury, I. A., Shirley, S. (2010). Laser cutting of polymeric materials: an experimental investigation. Optics & Laser Technology, 42(3), 503-508.

Çavdar, K., Tanrisever, T. (2013). Farklı malzemelerin lazerle kesilmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 18(2), 79-99.

Davim, J. P., Barricas, N., Conceicao, M., ve Oliveira, C. (2008). Some experimental studies on CO2 laser cutting quality of polymeric materials. Journal of Materials Processing Technology, 198(1-3), 99-104.

Davim, J. P., Oliveira, C., Barricas, N., ve Conceição, M. (2008). Evaluation of cutting quality of PMMA using CO2 lasers. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 35(9), 875-879.

Fedai, Y., Basar, G., Kirli Akin, H. (2022). Multi-Response Optimization in Drilling of MWCNTs Reinforced GFRP Using Grey Relational Analysis. Tehnički vjesnik, 29(3), 742-751.

Gstalter, M., Chabrol, G., Bahouka, A., Dorkenoo, K.-D., Rehspringer, J.-L., Lecler, S. (2019). Long focal length high repetition rate femtosecond laser glass welding. Applied Optics, 58(32), 8858-8864.

Gündoğmuş, H. (2013). Lazer tekniği ile üretilen katkılı bssco süperiletkenlerin fiziksel özelliklerinin araştırılması.

Haddadi, E., Moradi, M., Ghavidel, A. K., Ghavidel, A. K., & Meiabadi, S. (2019). Experimental and parametric evaluation of cut quality characteristics in CO2 laser cutting of polystyrene. Optik, 184, 103-114.

Hanlıoğlu, N. (2018). Yeni Bir Elektrokimyasal İşleme Tezgahında Çalışma Parametrelerinin Titanyum Alaşımları İçin Eniyilemesi.

Kaner, S. (2017). Plastik malzemelerin yapıştırılmasında yüzey işlemleri ve yaşlandırma etkisinin incelenmesi.

Khoshaim, A. B., Elsheikh, A. H., Moustafa, E. B., Basha, M., & Showaib, E. A. (2021). Experimental investigation on laser cutting of PMMA sheets: effects of process factors on kerf characteristics. journal of materials research and technology, 11, 235-246.

Korkusuz, O. B. (2021). Polimer matrisli kompozitlerin lazer ile işlenmesi Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Kurt, M. (2006). Plastik malzemelerin (ptfe ve pom) lazer ile kesilme özelliklerinin deneysel incelenmesi Marmara Universitesi (Turkey)].

Matoug, K. S. A. (2019). Yüksek mukavemetli düşük alaşımlı (hsla) çeliklerin lazerle kesilebilirliğinin araştırılması Fen Bilimleri Enstitüsü].

Mergen, Ö. B. (2012). UV tekniği kullanılarak agarose biojellerin faz geçişlerinin incelenmesi Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].

Mungan, M. C. (2006). Lazer ile kesme ve Endüstriyel Uygulamaları Fen Bilimleri Enstitüsü.

Mushtaq, R. T., Wang, Y., Rehman, M., Khan, A. M., & Mia, M. (2020). State-of-the-art and trends in CO2 laser cutting of polymeric materials—a review. Materials, 13(17), 3839.

Mustafa, A., & YÜCELİŞLİ, F. (2018). Ti-6Al-4V Alaşımının Fiber Lazer ile Kesilmesinde İşlem Parametrelerinin Kesim Kalitesine Etkisinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 30(2), 215-223.

Ozansoy, O. (2005). Buzdolaplarında Yeni Bir Uygulama Kapı İçi Kapı Tasarımı Fen Bilimleri Enstitüsü].

Özen, F. (2015). Polimer matriksli kompozit malzemelerde farklı fiber takviye fazlarının işlenebilirliğe etkisinin deneysel olarak incelenmesi.

Schober, A., Musiol, J., Daub, R., Feil, J., & Zaeh, M. (2012). Experimental investigation of the cutting front angle during remote fusion cutting. Physics Procedia, 39, 204-212.

Tunç, M. (2015). CO2 lazer kesim tezgahlarında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi Fen Bilimleri Enstitüsü].

Tükel, T. (2020). Lazer ile kesim parametrelerinin deney tasarım yöntemi ile en iyilenmesi Fen Bilimleri Enstitüsü].

Türkmen, M. (2018). Cam elyaf takviyeli polimerik kompozit malzemelerde lazerli kesme ve delme parametrelerinin belirlenmesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Uzun, H. (2019). Paslanmaz çeliğin fiber lazerle kesilmesinde işleme parametrelerinin optimizasyonu Fen Bilimleri Enstitüsü.

Uzungörür, M. (2015). Inconel 718 sac malzemelerin lazer ile kesilmesinde işlem parametrelerinin etkilerinin araştırılması Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ürgüplü, M., & Köksal, S. (2015). Lazer ile kesme işlemlerinde kesim kalitesine etki eden parametreler. International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science,

Vahapoğlu, V. (2013). Kauçuk türü malzemeler: sınıflandırma. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(1), 25-34.

Wandera, C. (2006). Laser cutting of austenitic stainless steel with a high quality laser beam.

Hemzemin Yüzey Oluşturan Farklı Döşeme Kaplama Malzemeleri Birleşim Yerlerinin Tipleştirilmesi

Soner MAZLUM[1]
Çağla ÇOLAK[2]

Giriş

Günümüz döşeme kaplama malzeme çeşitlerinin, estetik, fonksiyonellik, emniyet, ekonomi gibi nedenlerle teknolojiye bağlı olarak arttığı görülmektedir. Geçmişte yerel malzemeler, coğrafi koşullar ve kültürel özellikler ile şekillenen mimari yapılar, günümüzde seçeneklerin artması, teknolojinin gelişmesi, kültürel özelliklerde meydana gelen değişimler vb. ile farklılaşmıştır. (Fettahoğlu & Yalçınkaya, 2021). Bu durum malzeme seçimi ve uygulanması konusunda zorlukları da beraberinde getirmektedir. Tasarımcıların bugün karşılaştıkları bir diğer zorluk, sahip oldukları seçimlerin sayısıdır. Bazen materyaller hakkında güvenilir bilgi bulmanın zor olduğu belirtilmektedir. (Thompson,2007) Kullanıcı gereksinimlerinde yaşanan değişimlerin yanında malzeme niteliklerinin farklı olması ve sürekli artan malzeme olanakları tasarımcının seçim yapmasında karmaşıklık yaratmaktadır. (Balanlı,1997) Birçok yapı malzemesinde ki artışa paralel olarak, iç mekan döşeme kaplama malzemesinde 2000 sonrası çeşitlilikte artışın fazla oluşu, farklı malzeme geçiş bölgelerinde eskisi yöntemlerden farklı uygulama ve detay projelerini gerektirmektedir. Günümüzde söz konusu bölümlere ait uygulamaların genel olarak şantiye şefinin tecrübesine ve bazı firma önerilerine dayalı yapıldığı görülmektedir. Ancak halen birleşim yerlerinde kullanım aşamasında yaşanan ayrılmalar ve kopmaların devam ediyor olması, konuyla ilgili uygulamaların yetersizliğini ortaya koymaktadır. Bu tür problemler yapının ömrünü kısaltmakta, küçük sorunlar zamanla büyüyerek daha büyük hasarlara yol açmaktadır. (Koşan, 2020) Estetik, ekonomik ve konfor açısından Birleşim yerlerine ait yaşanan problemleri ve nedenlerini Tablo 1 de görüldüğü gibi özetleyebiliriz.

Tablo 1. *Birleşim bölgesi sorunları ve sebepleri*

Nedenler	Sonuçlar
Genleşme payının az oluşu ve sıcaklığın etkileri	Birleşim bölgesinde meydana gelen malzeme atmaları
Yüksek basınç etkisi	Kırılmalar, çatlamalar, kopmalar, ezilmeler
Sıcaklık değerlerindeki orantısız artış ve azalışlar	Genleşeme – Sıkılaşma
Altlık malzeme tutuculuğu azlığı	Malzemede kopmalar- ayrılmalar
Kimyasal etkiler – Ultraviyole ışınlar	Malzemede renk değişimi- solmalar
Basınç veya kimyasal etkiler	Derz boşluklarının oyulması ve kalkmalar

Günümüzde iç mekanda farklı teknik özelliklere sahip döşeme kaplama seçimini ve uygulanmasını kapsayan ve işlevsellik açısından değerlendiren bir çok araştırma bulunmaktadır. 2000 sonrası döşeme kaplama malzemeleri, altlıkları ve uygulama yöntemleri ortaya konulmasına

[1] Öğretim görevlisi, Hitit Üniversitesi, İskilip Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Çorum, Türkiye,
[2] Dr. Öğretim Üyesi, Avrasya Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye,

karşın, (Toydemir,2011) birleşim yerlerine ait proje detayları ve uygulamaları hakkında bilimsel araştırmalara ve literatür bilgilere rastlanmamaktadır.

Günümüz yeni döşeme kaplama malzemeleri, altlıkları ve teknik özellikleri ile ilgili araştırmalar olmasına karşın geçiş yerlerinde yaşanan sorunlara rehber olabilecek yeterli bilimsel araştırmaların olmadığı görülmektedir. Birleşim yerlerine ait uygulama tekniklerini araştıran mevcut makaleler ise geleneksel malzemeleri ve eski yapıları kapsamaktadır. (Aktar, 2017; Coşar, 2002; Polat, 2020; Yeğin, 2008).

Konuya yakın çalışmaları; Mardin şehrindeki taştan yapılmış eserlerde görülen bozulmalar, (Dal, M., & Öcal, A. D.,2017) Kompozit malzemelerin kaplanabilirliğinin incelenmesi, (Akçin, Y., Asi, O., & Yeşil, Ö.,2013) Dekoratif doğal yapı taşlarının kullanım alanları ve çeşitleri, (Çelik, M. Y.,2003) Epoksinin döşeme kaplama malzemesi olarak kullanılması ve hastane yapılarındaki kullanımının değerlendirilmesi, (Yılmaz, A.,2005) Doğal taşlardaki bozulma (ayrışma) türleri ve nedenleri, (Hasbay, U., & Hattap, S.,2017) Otel yapılarında doğal taş bozulmalarına ilişkin bulguların örnekler üzerinden irdelenmesi ve analizi, (Tayşi, Y.,2021) Yapıda kaplama malzemesi olarak ahşap ve ahşap esaslı ürün kullanımının araştırılması, (Aktar İ. H.,2017) Geleneksel yapıların yapım tekniği ve malzemesi açısından incelenmesi, Mardin Evleri Örneği, (Polat, B. Y.,2020) Taşınmaz kültür varlıklarında önleyici koruma önerisi erken müdahale sistemi, (Koşan, D. 2020) Geleneksel yapıların restorasyonunda malzeme, teknoloji ve tekniklerin araştırılması geliştirilmesi, (Yeğin, M. 2008) olarak özetleyebiliriz. Ancak restorasyon çalışmaları dışında yapılan tüm tadilat ve yeni tasarım projelerine ait mesleki uygulamalar, 2000 sonrası yeni malzemeleri kapsamakta ve sorunlar artarak devam etmektedir.

Döşeme türleri genel olarak üç başlık altında ele alınabilir: (1) sert döşeme sistemleri; (2) esnek döşeme sistemleri; ve (3) yumuşak döşeme sistemleri (Balanlı, 1997). Esnek zemin kaplamaları spor salonları için kullanım sürecinde aktivitelerin olumsuz etkilerine karşı önem arz etmektedir. Esnek zemin kaplama sistemleri, makul miktarda dayanıklılığa sahip, suya ve lekelere karşı dayanıklı olanlar olarak tanımlanır. Döşeme malzemlerinin ve altlıklarının kalınlıkları ve birçok teknik özelliklerindeki farklılık birleşim yerinin tasarımına şekil vermektedir. Döşeme birleşim yerleri döşeme kaplama malzemesi ve altlık kalınlıklarına bağlı olarak, kotlu (Mazlum & Çolak, 2021) ve hemzemin birleşim olmak üzere iki başlık altında toplanmaktadır. Birleşim yerinin ve birleşim malzemesinin tasarımı ise birleşen malzemelerin teknik özelliklerine bağlı tasarlanmaktadır. Lesko (1999) malzemeler hakkında sınırlı bilgiye sahip ve olasılıklarından habersiz olursak birçok tasarım çözümlemelerinin de farkında olmayacağımızı vurgulamaktadır. Günümüzde artış gösteren döşeme kaplama malzemeleri özelliklerini bilmek ve bir çok parametreyi bir arada düşünerek tasarım yapmak eski birleşim yöntemlerinden çok daha fazla detaylı çalışmaları gerektirmektedir.

Bilimsel verilere dayalı araştırmaların teori ve uygulama çalışmaları işbirliği ile ortaya konulması ve geliştirilmesi, mesleki uygulamalara ışık tutulması açısından önemlidir. Bu nedenle, Araştırma alanı seçiminde uygulama çalışmaları devam eden ve birleşim tip önerilerinin geliştirilmesi açısından daha fazla parametrenin dikkate alınabileceği spor salonları tercih edilmiştir. Zira spor salonları iç mekanlarda işlev farklılığı fazla olan bölümlerden oluşmakta ve bu bölümlerde ısı, buhar ve dinamik gibi etkiler farklı olmaktadır. Konu ile ilgili ilk olarak hemzemin birleşim yerlerine ait günümüzde ki uygulama teknikleri ve literatür bilgiler ortaya konulmakta ve araştırma alanında tespit edilen uygulama yöntemi ile karşılaştırılarak, olumlu çalışma sürecini getirebilecek tip öneri modelleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu bağlamda, öncelikle Döşeme kaplamaları, altlıkları ve birleşim yerleri teknik özellikleri ve uygulama yöntemleri literatür olarak araştırılmıştır. Tablo 1'de Birleşim yeri sorunları ve nedenleri, Tablo 2'de günümüz döşeme kaplama malzemeleri ve Teknik özellikleri, Tablo 3'de döşeme kaplama malzemeleri ve katmanları, Tablo 4'de zemin profilleri özellikleri, Tablo 5'de Döşeme altlık malzemeleri teknik özellikleri, Tablo 6'da günümüzde genleşme ve geçiş olarak kullanılan profil şekli ölçü ve uygulama yöntemleri listelenmektedir.

Tablo 1. Birleşim Yeri Sorunları ve Nedenleri

Nedenler	Sonuçlar
Genleşme payının bırakılmaması ve sıcaklığın fazla olması	Birleşim yerlerinden malzeme atmaları
Basınç etkisinin fazla oluşu	Kırılmalar, çatlamalar, kopmalar, ezilmeler
Sıcaklık oranının fazla- az oluşu	Esnemeler – büzülmeler
Altlık malzemenin tutuculuk özelliğinin yetersiz olması	Malzeme kaymaları, kalkmalar
Kimyasal etkiler veya zararlı ışık etkisi	Malzeme yüzeyinde renk değişimi
Basınç veya kimyasal etkiler	Derz boşluklarının açılarak çukurlaşması

Tablo 2. Günümüz Döşeme Kaplama Malzemeleri Teknik Özellikleri

Malzeme	Teknik özelikleri
PVC	Toplam kalınlık EN 428 2, 50 mm (En az) Boyutlar (En) EN 426 2, 00 m Ağırlık EN 430 2, 7 kg/m2 (En az) Ses yalıtımı ISO 717-2 15-18 dB Statik yük EN 1815 <2 kV Elektrostatik direnç EN 1081 10 Ohm Alev direnci EN 13501-1 Cfl-S1 Aşınmazlık direnci EN 660-1 ≤0,08 mm T Grubu Kimyasallara karşı direnç: EN423 Çok iyi Boyutsal direnç EN 434 <0, 40% Isıl genleşme değeri: 50- 400 x $10^{-6\,O}$ C^{-1} (URL-1), (URL-2)
Seramik	Hacim ağırlık: 1, 80 kg/dm3 Özgül su emme: 12-15 gr/dm2 Su emme ≤ %1-3 Eğilme dayanımı (N/mm²) min. 30 N/mm² Kalınlık ≥ 7, 50mm- min. 1100 N Uzunluk ve genişlik ± %0, 6 (± 2, 0 mm) Dona dayanıklılık: ≥ 90 kgf ≤150 kgf Kalınlık ± %5 (± 0, 5 mm) Kenar düzgünlüğü (± 1, 5 mm) Gönyeden sapma (± 2, 0 mm) Yüzey kalitesi %95 Nem genleşmesi 0, 01% Çatlama dayanımı: Dayanıklı Dona dayanım: Dayanıklı Aşınma ort. 130 mm³ Dayanım min. 35 n/mm² (URL-3), (URL-4)
Porselen Seramik	Uzunluk ve genişlik: N ≥ 15 cm ± %0, 6 (± 2, 0 mm) Kalınlık: N ≥ 15 cm, ± %5, ± 0, 5 mm Kenar düzgünlüğü: ± %5, ± 1, 5 mm Gönyeden sapma: ± %5, ± 2, 0 mm Yüzey düzgünlüğü: ± %5, ± 2, 0mm Kırılma dayanımı (N): 700N- 1300 N Derin aşınma dayanımı- Sırsız karolar: ≤ 175 mm³ Rutubet genleşmesi: %0, 05 Çatlamaya dayanıklılık: Gerekli Dona dayanıklılık: Gerekli Isıl genleşme değeri: 0, 5 –15 x $10^{-6\,0}$ C^{-1} Su emme: ≤ %0,5 Kırılma dayanımı (N): min. 1300 N Eğilme dayanımı (N/mm²): ≥ 35 N / mm2 Yüzey aşınma dayanımı: Sınıf ve devir olarak belirtilir Lineer ısıl genleşme: ISO 10545-8

	Isı şokuna dayanıklılık:ISO10545-9 Rutubet genleşmesi: ISO 10545-10 Çatlamaya dayanıklılık: Gerekli Dona dayanıklılık: Gerekli Yüzey sertliği: EN 101 (URL-5), (URL-6)
Lamine Parke	Kalınlık: 8, 1 mm Genişlik: 191, 5 mm Uzunluk: 1200 mm Gönyeden sapma (q): en çok ≤ 0, 10 Doğruluktan sapma (s): S en çok ≤ 0, 20 mm/m Genişlik düzgünlüğü (f): fw, içbükey ≤ 0, 25 Yüzey Sağlamlığı: ≥ 1, 2 N/mm2 Şişme: ≤ %18 Rutubet (H): %5 ≤ H ≤ %8 (URL-7), (URL-8)
Traverten	Basınç Dayanımı 70- 80 MPa Eğilme Dayanımı 8 -10 MPa Bükülme Dayanımı 8- 10 MPa Aşınma Direnci 19 – 23 mm Don Tesirlerine Dayanıklılık 19-20 MPa Sertlik 3 Mohs Görünür Yoğunluk 2, 7- 2.8 gr/cm3 Açık gözeneklilik %7- %8 Su emme kapasitesi %0, 1- %0, 4 Isıl genleşme değeri: 3- 6 x 10^{-6} ^{o} C^{-1} (URL-9), (URL-10)
Mermer	Basınç Dayanımı 500- 1500 kgf/cm2 Eğilme Dayanımı 150- 160 kg/cm^2 Aşınma Dayanımı 26- 27 cm3/50cm^2 Sertlik 3 Mohs Yoğunluk 2, 7- 2.8 gr/cm^3 Gözenek durumu ise %0, 2- %0, 3 Su emme kapasitesi %0, 1- %0, 2 Isıl genleşme değeri: 3- 6 x 10^{-6} ^{o} C^{-1} (URL-11)

Tablo 3. Döşeme Kaplama Malzemeleri Katmanları

Malzeme	Kalınlık Aralığı	Altlık / Yapıştırıcı	Taşıyıcı Sistem
Pvc (URL-2)	2 – 10 mm	Kendinden Yayılan Düzeltme Şap Epoksi Esaslı Pvc Yapıştırıcısı	Betonarme Döşeme
Porselen Seramik (URL-6)	7 – 15 mm	Çimento Esaslı Düzeltme Şapı Çimento Esaslı Seramik Yapıştırıcısı	Betonarme Döşeme
Seramik (URL-4)	7 – 15 mm	Çimento Esaslı Düzeltme Şapı Çimento Esaslı Seramik Yapıştırıcısı	Betonarme Döşeme
Mermer (URL-11)	3- 5 cm	Çimento Esaslı Düzeltme Şapı Reçine Esaslı- Çimento Esaslı Seramik Yapıştırıcısı-Özel Mermer Yapıştırıcısı	Betonarme Döşeme
Traverten (URL-10)	1-3 cm	Çimento Esaslı Düzeltme Şapı Çimento Esaslı Seramik Yapıştırıcısı-Özel Traverten Yapıştırıcısı	Betonarme Döşeme
Granit (URL-12)	1 – 3 cm	Çimento Esaslı Düzeltme Şapı Reçine Esaslı- Çimento Esaslı Seramik Yapıştırıcısı -Özel Granit Yapıştırıcısı	Betonarme Döşeme
Lamine Parke (URL-8)	7 – 15 mm	Çimento Esaslı Düzeltme Şapı Poliüretan Esaslı Yapıştırıcı	Betonarme Döşeme

Tablo 4. Zemin Profilleri Özellikleri (URL-13)

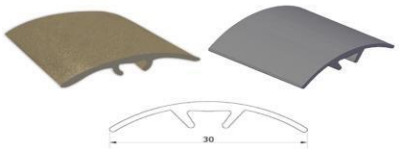
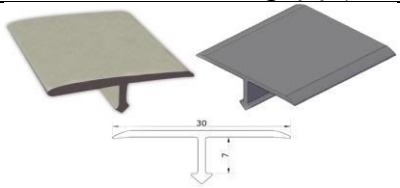
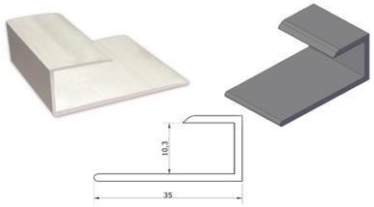
Paslanmaz Çelik Zemin Profilleri	
Fiziksel- Kimyasal Özellikler	Korozyona karşı dayanımı çok iyi Kaynak edilebilme yeteneği iyidir Sünektir, kolay şekil verilebilir Temizliği ve bakımı kolaydır. Yüksek sıcaklık değerlerinde mekanik özellikleri iyidir Düşük sıcaklık değerlerinde mekanik özellikleri iyidir
Teknik Özellikler	Elastiklik Modülü: 194- 200 GPa Özgül Ağırlık: 7-10 gr/cm^3 Isıl Genleşme Katsayısı: 12- 16, 5 K^{-1} Elektrik Direnci: 0, 80 $\Omega mm^2/m$ Özgül Isı: 450 J/kg.K Isıl İletkenlik değeri: 15W/m.K %0,2 Akma Dayanımı: 290-360 MPa Tavlama Sıcaklığı: 1050-1100 ^oC Şekil Verme Sıcaklığı: 1150-900 ^oC

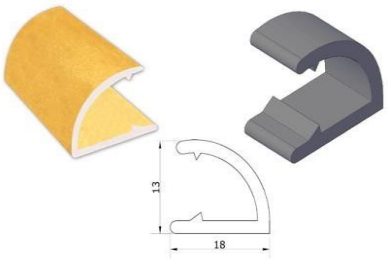
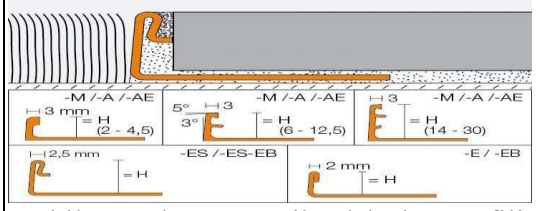
Tablo 5. Döşeme Altlık Malzemeleri Teknik Özellikleri

Altlık Malzeme	**Teknik Özellikler**
Seramik yapıştırıcı (URL-14)	Basınca Karşı Mukavemet 10 – 30 N/mm^2, ≥ 1,0 N/mm2 Tane Boyutu (EN 12192-1) D max <0,8 mm Karışım Oranı 25 kg toz + 6,5-7 kg Su Emme Oranı 2 – 5 g Sıcaklığa Karşı Dayanım -40 ^0C / +100 ^0C Açık Bekletme Süresi ≥ 40 dakika Olgunlaşma Süresi min. 5 dakika Islanabilirlik (EN 1347) %99
Epoksi esaslı yapıştırıcı (URL-14)	Aşınmaya Karşı Dayanım (EN 12808-2) ≤ $250m^3$ Uygulama Aralığı 2-12 mm Sıcaklığa Karşı Dayanım -40^0C / +100^0C Isıl Genleşme Katsayısı: 30- 50x 10^{-6} $^oC^1$ Eğilmeye Karşı Mukavemet (EN 12808-3) ≥ 15 N/mm^2 Basınca Karşı Mukavemet (EN 12808-3) ≥ 45 N/mm^2 Büzülme (EN 12808-4) ≤ 1, 5 mm/m Su Emme (EN 12808-5) ≤ 0, 1 g (240 dk sonra) Kap Ömrü 45 dk
Kendinden Yaylı şap (URL-14)	Çekme-Yapışmaya Karşı Mukavemet ≥ 1, 0 N/mm^2 Tane Boyutu (EN 12192-1) D max < 0, 8 mm Karışım Oranı 25 kg toz + 6-6, 5 kg su Uygulama Kalınlığı 3mm- 10mm Sıcaklık Dayanımı -40^0C / +100^0C Açık Bekletme Süresi ≥ 25 dakika Olgunlaşma Süresi min. 5 dakika Kayma (mm) (EN 1308) Yok Kap Ömrü 2 saat Islanabilirlik (EN 1347) %96
Cam mozaik Yapıştırıcı URL-14)	Çekme-Yapışmaya Karşı Mukavemet ≥ 1, 0 N/mm^2 Tane Boyutu (EN 12192-1) D max: 0, 6 mm Uygulama Kalınlığı 3mm- 4mm Sıcaklık Dayanımı -40^0C / +100^0C Açık Bekletme Süresi ≥ 30 dk Kap Ömrü 2 saat
Mermer yapıştırıcı	Basınca Karşı Mukavemet ≥ 45 N/mm^2 (20 °C'de 14 gün sonra)

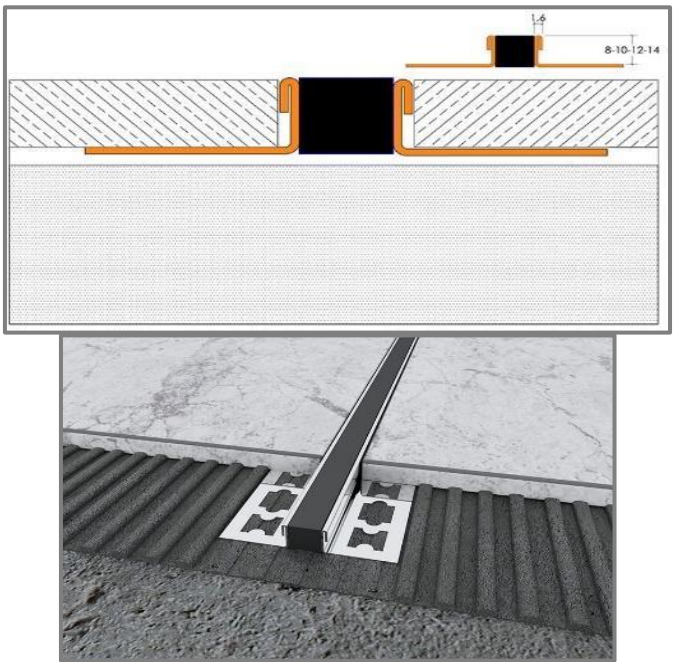
(URL-14)	Enine Deformasyon 2.5 mm ≤ S1 ≤ 5 mm Tane Boyutu (EN 12192-1) D max <0, 8 mm Uygulama Kalınlığı 3 mm- 10 mm Sıcaklık Dayanımı -40 ^{0}C / +100 ^{0}C Açık Bekletme Süresi ≥ 30 dakika Olgunlaşma Süresi min. 5 dk Su Emme ≤ 0.1 g (240 dk sonra) Islanabilirlik (EN 1347) %99
Granit yapıştırıcı (URL-14)	Basınca Karşı Mukavemet ≥ 45 N/mm^2 (20 °C'de 14 gün sonra) Çekme-Yapışmaya Karşı Mukavemet ≥ 1, 0 N/mm^2 Enine Deformasyon 2.5 mm ≤S1≤ 5 mm Tane Boyutu (EN 12192-1) D max <0, 8 mm Uygulama Kalınlığı 3 mm- 10 mm Sıcaklık Dayanımı -40 ^{0}C / +100 ^{0}C Açık Bekletme Süresi ≥ 35 dk Kap Ömrü 2 saat Su Emme ≤ 0.1 g (240 dakika sonra) Islanabilirlik (EN 1347) %99
Traverten Yapıştırıcı (URL-15)	Uygulama Sıcaklığı (+5°C) -(+35°C) Basınca Karşı Mukavemet ≥ 30 N/mm^2 (20 °C'de 14 gün sonra) Karışım Oranı 6, 5- 8 lt su / 25 kg toz 1, 3 -1, 6 lt su / 5 kg toz Kap Ömrü 6 saat Kayma (EN 1308) ≤ 0, 5mm Yapışma Mukavemeti (EN 1348)- Başlangıç ≥ 0, 5 N/mm^2 Sıcaklık Dayanımı (-40°C)-(+80°C) Tehlikeli Maddeler (EN 12004) Uygun Su Emme ≤ 0.1 g (240 dakika sonra) Yangına Tepki A1

Tablo 6. Günümüzde Genleşme ve Geçiş Olarak Kullanılan Profil Şekli -Ölçü-Uygulama Yöntemleri

Birleşim Profili	Tipi	Başlık Uzunluğu (Mm)	Uygulama Tekniği
 Şekil 1. Seramik-Lamine geçiş (URL-16)	Eloksal geçiş	29, 6-35-30-39, 7-28	Yapışkan malzeme, Çift taraflı bant, vidalama
 Şekil 2. Seramik-Lamine geçiş (URL-16)	Aliminyum geçiş	15-14-30	Yapışkan malzeme, Çift Taraflı bant, vidalama
 Şekil 3. Seramik ve sert malzeme bitişleri (URL-16)	Bitiş profili	Alt uzantı; 35-20-30 Kalınlık; 16, 3-8, 5-10, 6	Yapışkan Malzeme, Geçme

 Şekil 4. Kaplama Halı-Laminant parke (URL-16)	Halı Bitiş profili	Alt Uzantı; 18-37, 3-20 Kalinlik; 17, 5-8, 5-13	Geçme, sıkıştırma dişi
 Şekil 5. Halı – Seramik Birleşim Profili (URL-17)	Bitiş ve geçiş profili	Mesafe aralıkları şekil 5'de verilmektedir.	Geçme

Şekil 6'da görüldüğü üzere, genleşme katsayıları yüksek olan PVC-Ahşap gibi kaplama malzemelerinin farklı kaplama malzemeleriyle yan yana gelerek oluşturmuş olduğu birleşim bölgelerinde özel genleşme boşluklu geçiş profilleri kullanılmaktadır. Genleşebilme özelliği profiller arası kauçuk malzemeyle sağlanmaktadır (URL-18).



Şekil 6. Genleşeme Profil Detayı ve Üç Boyut Gösterimi (URL-18)

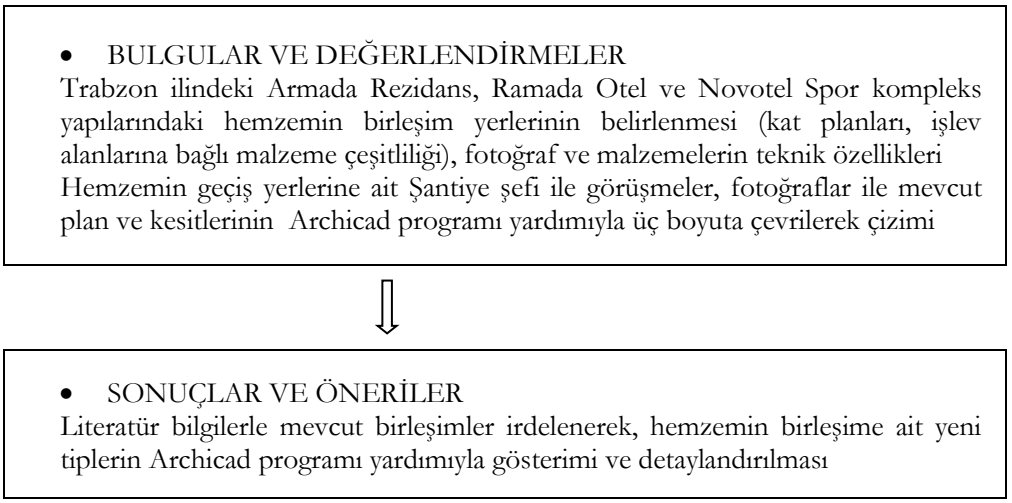
Materyal ve Metot

Araştırmanın amacı, 2000 sonrası iç mekan farklı döşeme kaplamaları hemzemin geçiş yerlerine ait yapılan uygulamaları literatür bilgiler ışığında irdeleyerek, söz konusu yerlere ait uygulama ve kullanım sürecinde yaşanabilecek sorunları minimize edecek tasarım modelleri geliştirmektir.

Araştırmanın kapsamı, Spor kompleks yapıları ve hemzemin yüzey oluşturan birleşimler olarak sınırlandırılmaktadır. Spor kompleks yapıları, spor salonu, yüzme havuzu, hamam, sauna, buhar odası, masaj odası, plates-yoga salonu, soyunma odaları, tuvalet ve banyo gibi birçok farklı işleve sahip bölümleri içerisinde barındırmaktadır. Bu bölümlerde ses, darbe, ısı, buhar gibi parametreler malzemelerin özelliklerini ve seçimini doğrudan etkilemektedir. Araştırma alanının seçiminde Spor salonlarında bu işlev çeşitliliğine bağlı farklı malzeme seçimi ve iç mekanlarda mevcut etkilerin fazlalığı ve şiddeti etkili olmuştur.

Araştırma alanında hemzemin birleşim yerleri tespit edilerek söz konusu yerlere ait bilgiler elde edilmiştir. Bu bağlamda, uygulama konusunda bilgisi olan yetkili şantiye şefleri ve ustalarla, malzemeler, bina ve şantiyede yaşanan problemler hakkında görüşmeler düzenlenmiştir. Satıcı firmalar tespit edilerek geçiş malzemeleri hakkında bilgiler edinilmiştir. Bu görüşmelerden elde edilen bilgiler doğrultusunda uygulama bölgeleri ayrıntılı incelenerek ve fotoğraflar alınarak, literatür bilgiler eşliğinde detaylıca değerlendirilmiştir. Bu bölgelerde varsa hasar tespitleri yapılarak, hasar nedenleri hakkında elde edilen teknik verilerle birlikte değerlendirmeler yapılmıştır.

Araştırma, Trabzon ili özelinde, Armada rezidans, Ramada ve Novotel spor salonlarında iç mekan döşeme hemzemin birleşim yerleridir. Görsel 2'de Araştırma modeli ve yöntemi verilmektedir.



Görsel 2. Araştırma Modeli

Bulgular ve Tartışma

Çizelge 7'de Trabzon ili, Armada Rezidans yapı künyesi verilmektedir. Çizelge 8'de geçiş bölümlerine ait bilgiler verilmektedir.

Tablo 7. Armada Rezidans Yapı Künyesi

Armada Rezidans	
Mimar:	Levent DURMUŞ (Mimar)
Proje Alanı Kapalı:	1700 m^2
Bina Kullanımı:	Rezidans
Spor Salonu Zemin Kaplama Malzemeleri Konsept Renkleri:	Krem - Kahverengi - Beyaz - Gri - Sarı - Açık mavi
Spor Salonu Zemininde Kullanılan Malzemeler:	Seramik - Porselen Seramik - Marmara mermer - Yalıtımlı Ahşap - PVC
Lokasyon:	Yıldızlı Mah. Köyiçi Mevki Akçaabat/ TRABZON
Proje Tarihi:	24 Kasım 2013 (Başlangıç)

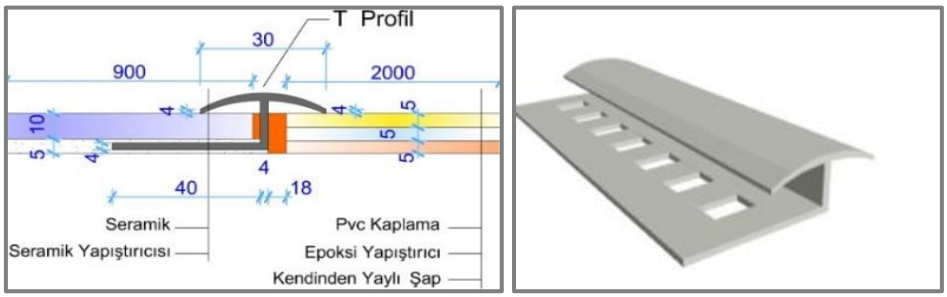
Tablo 8. Farklı Zemin Kaplama Malzemelerinin Özellikleri

Farklı Zemin Kaplama Malzemeleri Özellikleri					
İşlev Alanları	**Kaplama Malzeme Cinsi**	**Kaplama Malzeme Kalınlığı**	**Ara Malzeme Cinsi**	**Ara Malzeme Boyutu En-Boy-Yük**	**Ara Malzeme Ebat Kalınlığı**
Fitness Salonu - Hol	Pvc – Seramik	4 - 5 mm 1 - 1, 2 cm	Metal + Yapıştırıcı	3 – 180 -2, 5 cm 5 mm (Yük.)	3mm 5 mm
Havuz – Hol	Porselen Seramik - Seramik	3 - 5 cm 1 - 1, 2 cm	Metal + Yapıştırıcı	1– 180 -3, 5 cm 5 mm (Yük.)	3 mm 5 mm
Hamam – Dinlenme	Mermer – Seramik	2, 5 cm 1 - 1, 2 cm	Yapıştırıcı	5 mm (Yük.)	5 mm

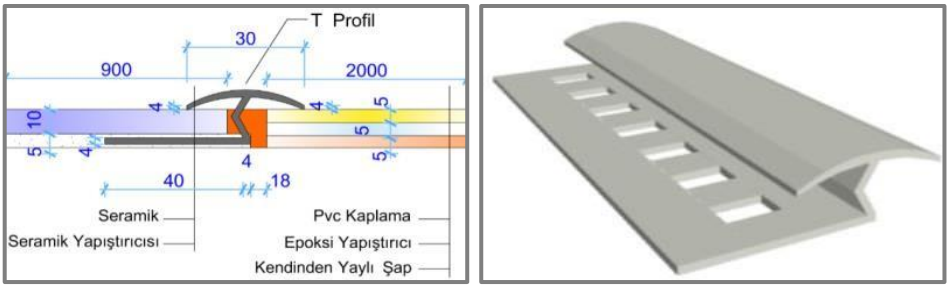
Şekil 7'de fitness salonuna ait kat planı verilerek birleşim bölgeleri numaralarla ifade edilmiştir. Şekil 8 ve Şekil 9'da 1 ve (2) birleşim yerlerine ait uygulama önerileri detaylandırılmıştır. Şekil 10'da (5) birleşim bölgesinde metal saç-seramik kaplama birleşim detayı verilmektedir. Şekil 11'de ise havuz ve dolaşım alanlarının birleştiği bölgelerde seramik-porselen seramik birleşim detayı ve geçiş profili gösterilmiştir.



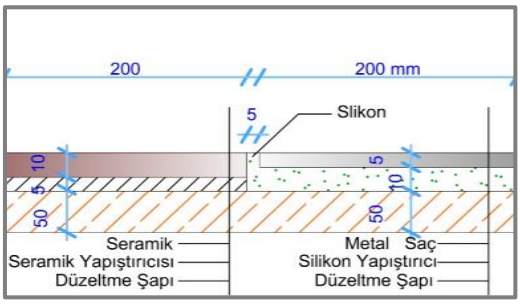
Şekil 7. Fitness Salonu Kat Planı



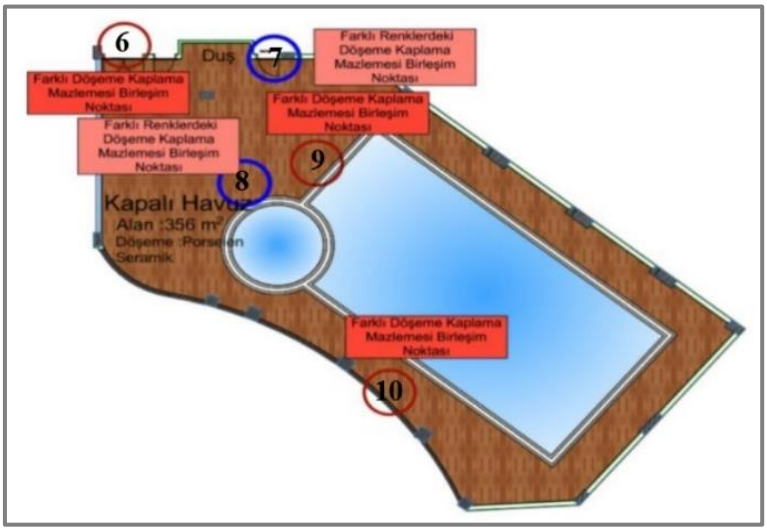
Şekil 8. 1 ve (2) Birleşim Yeri Uygulama Önerisi 1



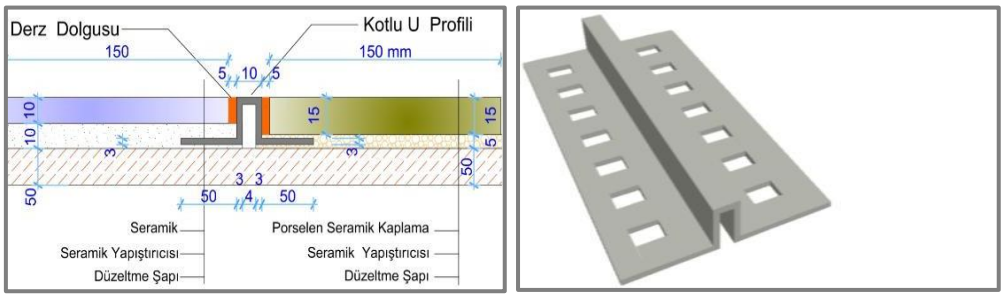
Şekil 9. 1 ve (2)Birleşim Yerleri Uygulama Önerisi 2



Şekil 10. (5) Detayı



Şekil 11. Kapalı Havuz Kat Planı



Şekil 12. (9) Birleşim Yeri ve Detayları

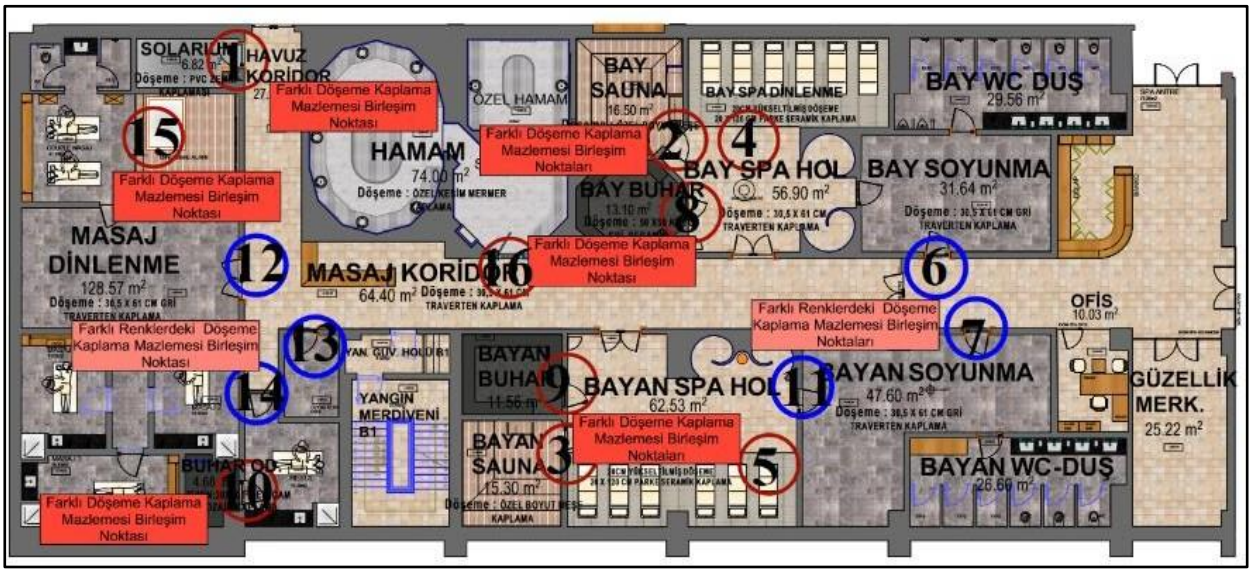
Çizelge 9'da Ramada Otel Yapı künyesi verilmektedir. Şekil 13' de otele ait spor kompleksinin kat planı verilmiştir. Şekil 14, Şekil 15 ve Şekil 16'da farklı döşeme kaplama malzemesi geçiş yerleri detaylandırılmaktadır.

Tablo 9. Ramada Otel Yapı Künyesi

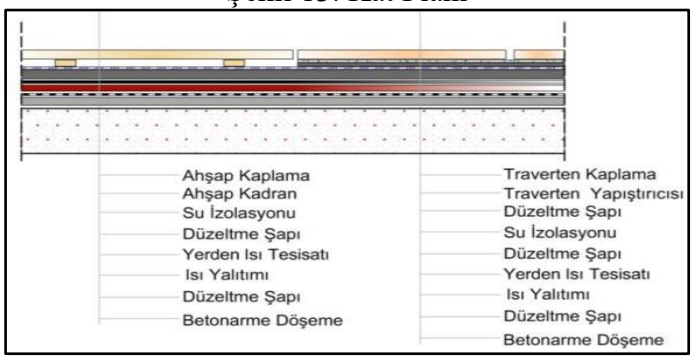
RAMADA PLAZA OTEL	
Mülk Sahibi:	Başaran Otelcilik & Turizm İşletmeleri A.Ş
Proje Alanı Kapalı:	3000 m^2
Zemin Kaplama Malzemeleri Konsept Renkleri:	Sarı - Kahverengi - Beyaz - Gri - Siyah - Açık mavi
Spor Salonu Zemininde Kullanılan Malzemeler:	Traverten Seramik – Parke Seramik - Marmara mermer - Yalıtımlı Ahşap – PVC – Mozaik Cam
Lokasyon:	Gülyalı Mevkii Rize Cad. Numara:23 - 61000 Yalıncak Beldesi TRABZON
Proje Tarihi:	16 Eylül 2015 (Açılış Tarihi)

Tablo 10. Farklı Zemin Kaplama Malzemelerinin Özellikleri

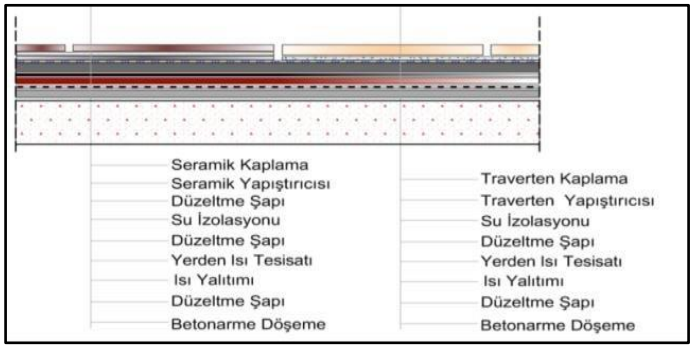
Farklı Zemin Kaplama Malzemeleri Birleşim Detayları					
İşlev Alanları	**Kaplama Malzeme Cinsi**	**Kaplama Malzeme Kalınlığı**	**Ara Malzeme Cinsi**	**Ara Malzeme Boyutu En-Boy-Yükseklik**	**Ara Malzeme Ebat Kalınlığı**
Fitness Salonu - Hol	Pvc Lamine Kaplama Traverten Kaplama	4 - 5 mm 3 - 4 cm	Metal + Yapıştırıcı	160 x 5 x 5 cm 5 mm (Yük.)	3 mm 5 mm
Havuz – Havuz Holü	Mermer Traverten Kaplama	2 - 2, 5cm 3 - 4 cm	Yapıştırıcı	5 mm (Yük.)	5 mm
Hamam – Ana Hol	Mermer Traverten Kaplama	2 - 2, 5cm 3 - 4 cm	Yapıştırıcı	5 mm (Yük.)	5 mm
Ara Hol – Dinlenme	Parke Traverten Kaplama	1 - 1, 5cm 3 - 4 cm	Yapıştırıcı	5 mm (Yük.)	5 mm



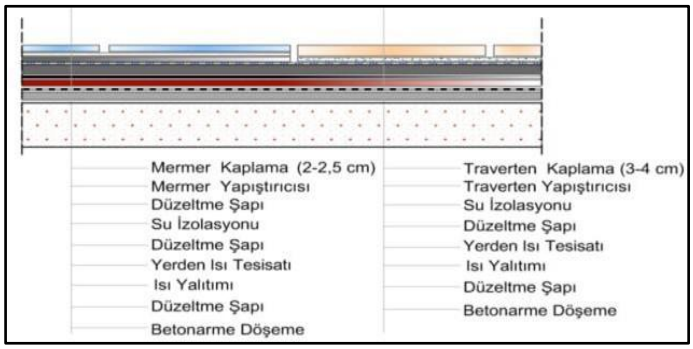
Şekil 13. Kat Planı



Şekil 14. 2 ve (3) Birleşim Detayı



Şekil 15. (8)-(9)-(10) Birleşim Detayı



Şekil 16. (16) Birleşim Detayı

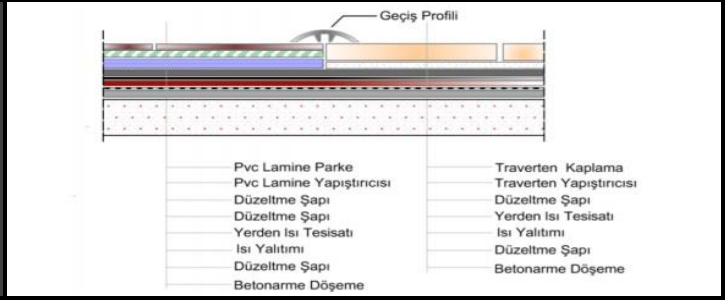
Traverten kaplama malzemesi mermer kaplamaya göre 5 mm daha kalın bir malzeme olarak tercih edilmiştir. Birleştiği mermer malzeme ile arasında kot farkı olmamasının nedeni ise mermer altında havuza yakın olduğu için su yalıtım şapının kullanılmasındandır. Traverten kaplama altında 5 mm kalınlığında çimento esaslı yapıştırıcı kullanılmıştır. Mermer altında ise 5 mm kalınlığında reçine esaslı yapıştırıcı kullanılmıştır.

Havuz bölümündeki mermer ile traverten seramiğin birleştiği bölgede iki farklı yapıda altlık yapıştırıcı türü kullanılmıştır. Traverten yapıştırıcısı olan çimento esaslı, mermer yapıştırıcısı olan ise reçine esaslı yapıştırıcılar altlık olarak kullanılmıştır.

Mermer -traverten yapıştırıcılar, Çizelge 5'te belirtildiği üzere su emme oranı ≤ 0, 1 g olduğu için suyu emmez fakat havuz suyunun içeriğine katılan klor malzeme nedeniyle sertleşip bozulabilmektedir. Basınç mukavemeti Çizelge 5'te görüldüğü üzere 10-30 N olan çimento esaslı yapıştırıcısının minimum 45 N basınç mukavemetine sahip reçine esaslı yapıştırıcıya nazaran düşük mukavemete sahip olduğu görülmektedir. Herhangi bir basınç fazlalığı durumunda traverten kaplamanın alttan bozulacağı söylenebilir.

Nemli bölgede bulunmasından ötürü üzere su emme oranı yüksek olan (2-5 g) çimento yapıştırıcısı zamanla basınçtan kaynaklı bozulması yüksek ihtimaller dâhilindedir.

Tablo 11. Giriş Bölümü Ara-Altlık Malzeme Birleşim Detayları ve Görselleri

Ara Malzeme/Altlık Malzeme Birleşim Detayları	
Kaplama Malzemeleri Katman Çizimleri	

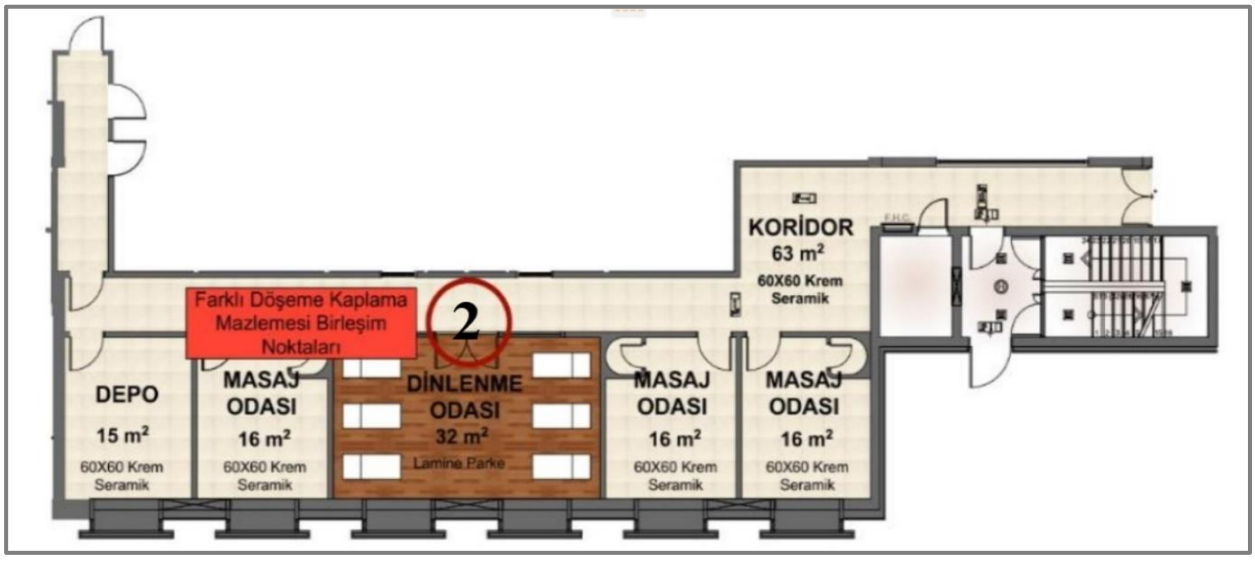
Çizelge 12'de Novotel yapı künyesi verilmektedir. Şekil 17 ve Şekil 18'de birleşim geçiş yerleri ve detay çizimleri verilmektedir.

Tablo 12. Novotel Yapı Künyesi

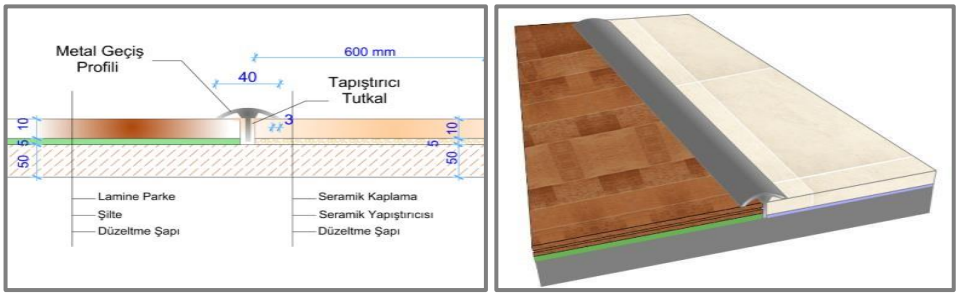
NOVOTEL	
Mülk Sahibi:	Accor Hospitality (Kurucusu)
Proje Alanı Kapalı:	2500 m^2
Bina Kullanımı:	Otel
Spor Salonu Zemin Kaplama Malzemeleri Konsept Renkleri:	Krem - Kahverengi - Beyaz - Açık Gri - Koyu gri - Siyah - Açık Mavi - Koyu Mavi
Spor Salonu Zemininde Kullanılan Malzemeler:	Porselen SeramikKaplama - Seramik - Lamine parke -Pvc Parke - Porselen Mozaik Kaplama
Lokasyon:	Cumhuriyet Mahallesi, Trabzon Caddesi, 61250 Yomra/Trabzon/ TRABZON
Proje Tarihi:	14 Ekim 2008(Açılış Tarihi)

Tablo 13. İşlev Alanları Kaplama Malzemeleri Özellikleri

Farklı Zemin Kaplama Malzemeleri Birleşim Detayları					
İşlev Alanları	**Kaplama Malzeme Cinsi**	**Kaplama Malzeme Kalınlığı**	**Ara Malzeme Cinsi**	**Ara Malzeme Boyutu En-Boy-Yükseklik**	**Ara Malzeme Ebat Kalınlığı**
Fitness Salonu - Ara Hol	Pvc Parke Kapl. Seramik Kaplama	5 mm 1 cm	Metal	160x4x5 cm	2 mm
Dinlenme Odası – Ara Hol	Lamine Parke Seramik Kaplama	7 - 15 mm 1 cm	Metal	170x4x5 cm	3 mm



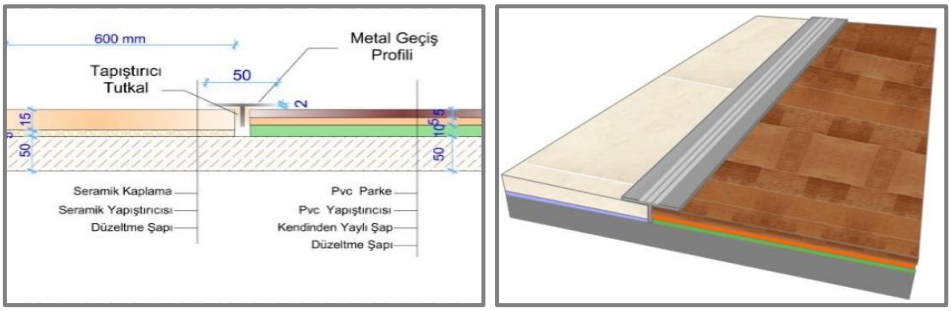
Şekil 17. Masaj-Dinlenme Bölümü Kat Planı



Şekil 18. Dinlenme Odası – Ara Koridor Bağlantı Bölgesi (2 Birleşim Detayı)



Şekil 19. Fitness Salonu Kat Planı



Şekil 20. 8 Nolu Birleşim Detayı Kaplama Malzemeleri Katman Çizimi

Sonuç ve Öneriler

Aynı seviyede farklı döşeme kaplama malzeme geçişlerinde geçiş ve bitiş profilleri kullanılmaktadır. Çizelge 14'te profilleri oluşturan parametreler listelenmektedir. Çizelge 6'da görüldüğü üzere Türkiye'de günümüzde değişik firmalar tarafından değişik ölçülerde geçiş ve bitiş profilleri üretilmektedir. Ancak uygun boyut ve tipin seçilmesi döşeme kaplama malzemelerinin teknik ve fiziksel özelliklerine de bağlıdır.

Çizelge 14 geçiş profil türleri ve profil bölümleri çeşitliliğinin artması nedeniyle dikkatli karar verilmesi gereken bir konudur. İki döşeme malzemesinin ve altlıklarının genleşme katsayısı, sertlik derecesi, kalınlığı, şişme, büzülme, kopma ve darbelere karşı mukavemeti düşünülerek geçiş ve bitiş tiplerine ve boyutlarına karar verilmelidir. Çizelge 14'te geçiş profil türleri ve profil bölümleri verilmektedir.

Tablo 14. Zemin Profilleri Özellikleri

Profil Türü	Bitiş Profili
	Geçiş Profili
Birleştirme Profili Uzantı Boyutları	Başlık Uzunluğu
	Altlık Uzunluğu
	Gövde Uzunluğu
Derz Boşlukları	Sert Malzeme Genleşme Boşluğu
	Yumuşak Malzeme Genleşme Boşluğu
Profil Malzemesi Et Kalınlığı	Başlık Uzantı Kalınlığı
	Altlık Uzantı Kalınlığı
	Gövde Kalınlığı

Araştırma alanında aynı zemin geçişlerinde tip seçiminde etkili olan hususlar şunlardır;

Birleşim detaylarında parke ve PVC kaplama malzemeleri gibi çok fazla genleşebilen kaplamalara sonlama detayı uygulanamaz. Birleşim detayı verilmesi gereken bu malzemelerin birleşim bölümünde, profil tarafından üstten sıkıştırılmaları gerekmektedir.

PVC, ahşap parke ve halı gibi ısıl iletkenlik katsayıları 40 – 400 x 10^{-6} $^{O}C^{-1}$ aralığında olan kaplama malzemelerine birleşim profili altında diğer birleşen sert yapıdaki kaplama malzemesinden daha fazla genleşme boşluğu bırakılmalıdır. Seramik, porselen seramik gibi 3 mohs sertlik derecesine sahip sert malzemelere altlık profil uzantısı eklenmelidir ve altlık yapıştırıcıyla kaplama malzemesi arasında kalmalıdır.

Profil malzemeler metal malzemeden tercih edilecekse paslanmaz alüminyum malzeme kullanılmalıdır. Profiller kaplama malzemelerine iyi yapıştırılmalıdır. Aynı yüzeyde birleşen geçiş tipleri için T başlığa sahip geçiş profillerinin ömrü çember ve eğik geçiş profillerine nazaran daha uzun olmaktadır. Bu nedene T başlıklı geçiş profilleri daha çok tercih edilmelidir.

Birleştirme profilleri genelde 2 -10 mm arasında kullanılmakta olup en az 3 mm kalınlığında tercih edilmelidir. Geçiş için çember başlıklı profil tercih edilecekse yüzey kalınlığı artırılmalıdır. Basınç etkilerine karşılık verebilecek nitelikte olabilmesi için minimum 4 mm olarak et kalınlığında tercih edilmelidir.

Traverten mermer yapıştırıcıları Çizelge 5'de belirtildiği üzere 45 N/mm²'lik basınç mukavemeti değerinden fazlasına çimento esaslı yapıştırıcılar ise 10-30N/mm²'lik basınç mukavemeti değerine sahiptir. Bu nedenle ağır kaplama malzemeleri altında kullanılmaktadırlar. Seramik kaplamanın genel olarak altlık malzemesi çimento esaslı yapıştırıcı malzeme olmaktadır.

Kauçuk, reçine, epoksi, poliüretan esaslı yapıştırıcıların kimyasal içeriklerinden ötürü metal profillerle yapı uyuşmazlığı oluşturabilmektedirler. Yapı uyuşmazlığından kaynaklı olarak geçiş profilinde bozulmalar oluşabilmektedir. Bu nedenle profil altlık uzantısı bu gibi yapıştırıcılarla temas ettirilmeden kullanılmalıdır.

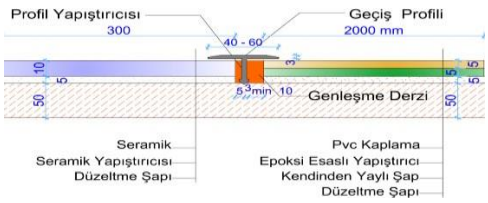
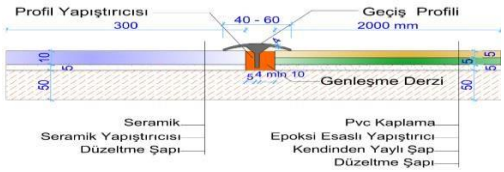
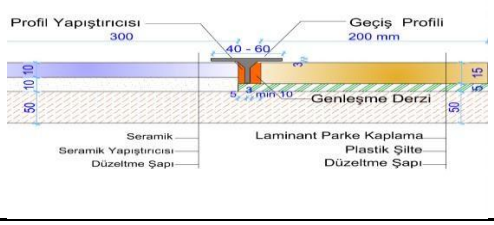
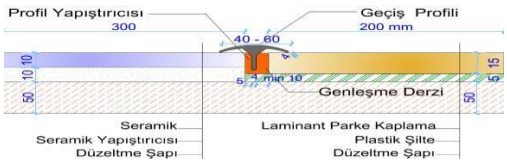
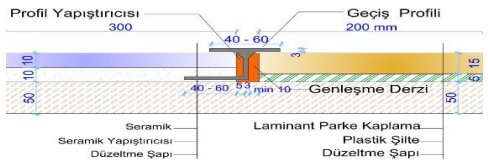
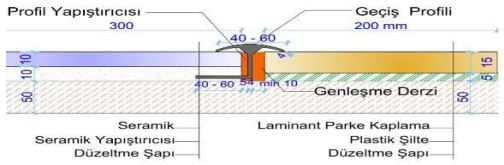
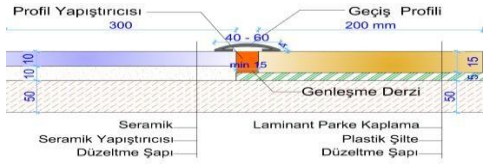
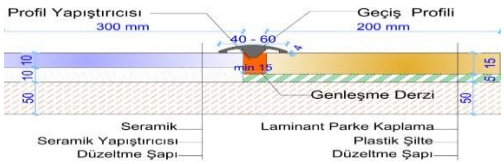
Yapıştırıcı malzemelerin ortalama 5 mm kalınlığında tercih edilmesinden kaynaklı arada kalması bağlamında profil alt uzantıları 2-3 mm civarında tercih edilmesi gerekmektedir.

Kauçuk, reçine, epoksi esaslı yapıştırıcıların ısıl genleşme katsayıları Çizelge 5'e göre 30 – 50 x 10^{-6} $^{O}C^{-1}$ aralığında olmasından dolayı yüksek sıcaklık değerlerinde çok genleşebilen bir

malzeme olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle geçiş profili altındaki boşlukta yapıştırıcılara da ait genleşme paylarının bırakılması gerekmektedir.

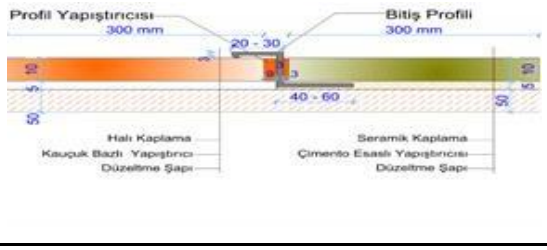
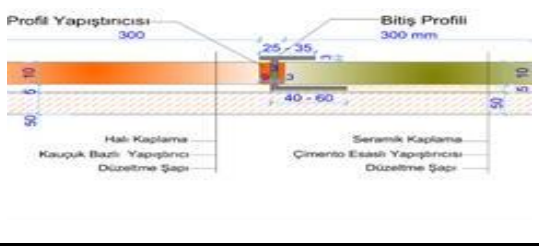
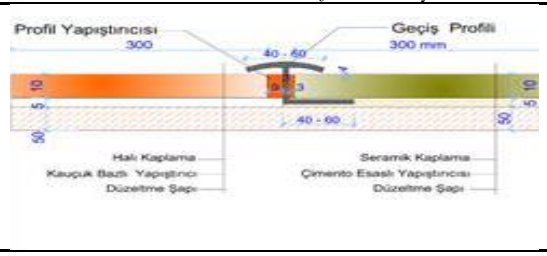
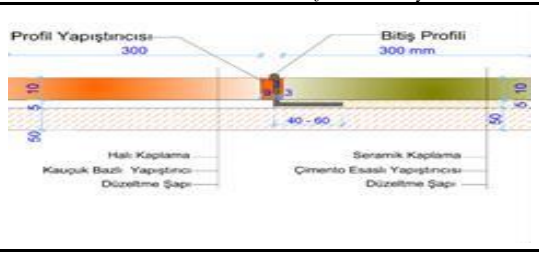
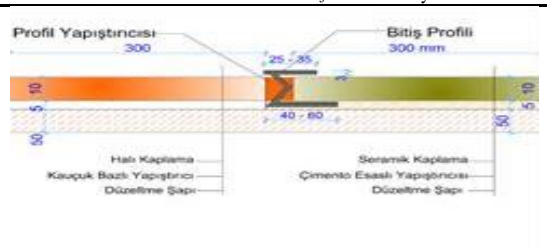
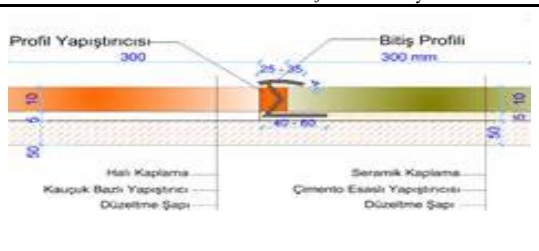
Sadece döşeme kaplama malzemesinin değil, altlıklarının da faklı olması nedeniyle, ortak birleşim yerlerinde su, nem, kimyasal maddeler, basınç gibi etkilere farklı cevaplar vererek birleşim elemanında yapacağı zorlamalar dikkate alınarak tipler oluşturulmalıdır.

Uzantılı birleşimlerde altlık kalınlığı ve cinsi önemlidir.

TİP 1 BİRLEŞİM MODELLERİ	
Sert – Orta Yumuşak Malzemeler	
	
Seramik – PVC Birleşim Detayı 1	Seramik – PVC Birleşim Detayı 2
Sert - Orta Sert Malzemeler	
	
Seramik – Laminant Parke Birleşim Detayı 1	Seramik – Laminant Parke Birleşim Detayı 2
	
Seramik – Laminant Parke Birleşim Detayı 3	Seramik – Laminant Parke Birleşim Detayı 4
	
Seramik – Laminant Parke Birleşim Detayı 5	Seramik – Laminant Parke Birleşim Detayı 6

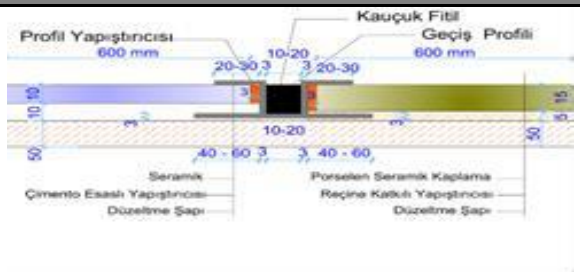
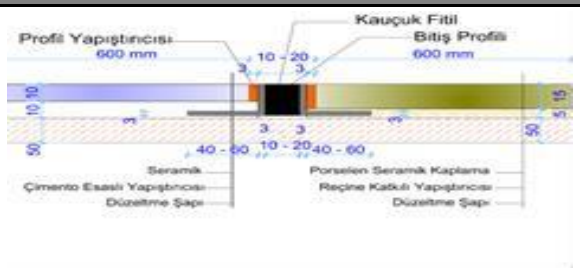
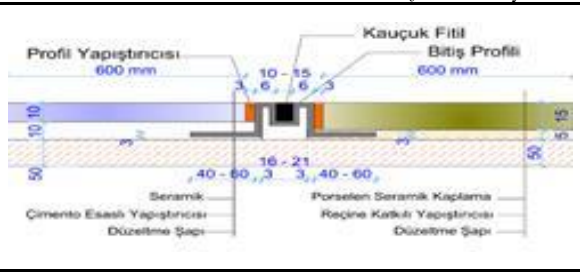
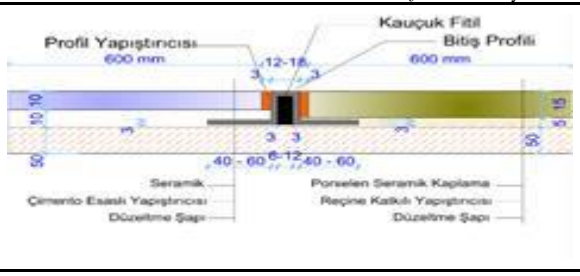
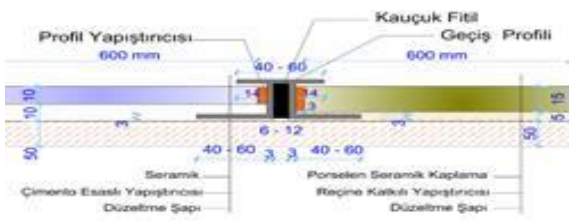
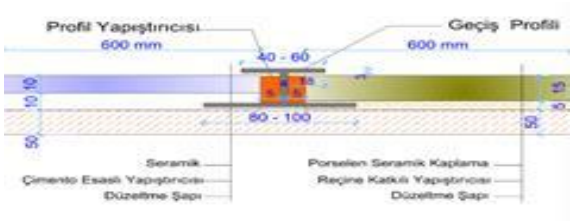
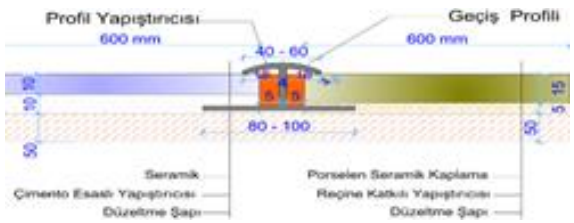
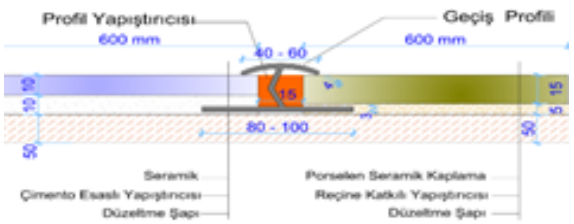
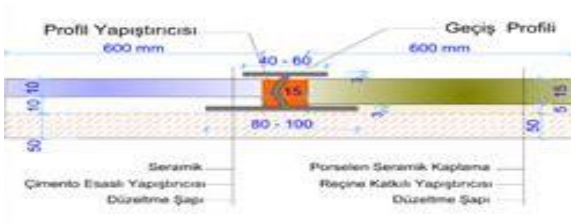
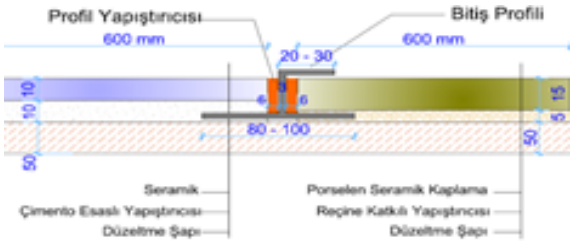
Şekil 21. Genleşme Katsayıları Farklı Olan Hemzemin Yüzey Oluşturan Geçişler

Bitiş profilleri genleşme katsayısı düşük ve sertlik derecesi yüksek malzemeler için koruyucu bir bitiş ve geçiş gibi iki görevi yerine getirebilecektir. Şekil 21'da genleşme farkları çok farklı olan ve hemzemin yüzey oluşturan geçişler için tip öneriler verilmektedir. bu tür birleşim yerlerinde kalkma ve ayrılmalar, birleşen malzemelerin ısıl genleşme katsayısı büyüklüğü ve malzeme boyu ile iç mekân sıcaklık farkına bağlı olarak artacaktır. (Tuna, M., E.,2012) Bu nedenle profilin iki tarafında genleşme miktarı farkları düşünülerek kesit detaylandırılmaktadır.

TİP 2 BİRLEŞİM MODELLERİ	
Sert – Yumuşak Malzemeler	
	
Seramik – Halı Birleşim Detayı 1	Seramik – Halı Birleşim Detayı 2
	
Seramik – Halı Birleşim Detayı 3	Seramik – Halı Birleşim Detayı 4
	
Seramik – Halı Birleşim Detayı 5	Seramik – Halı Birleşim Detayı 6

Şekil 22. Sert-Yumuşak Farklı Döşeme Kaplaması Geçiş Tip Önerileri

Şekil 22 sert-yumuşak hemzemin yüzey oluşturan geçiş tip önerileri verilmektedir. Tip 3 birleşim modellerinde profil türleri genellikle bitiş profili olarak kullanılmıştır. Halı kaplamalar Şekil 22'de belirtildiği çoğunlukla bitiş profili kullanılmaktadır. Seramik – halı birleşim detayı 3'te geçiş profili alternatifi sunulmuştur. Birleştirme malzemesi üst uzantıları, seramik – halı birleşim detayı 2, 5 ve 6'da halı kaplamının olduğu tarafta sıkıştırma dişi nedeniyle 25-35 mm olurken, seramik – halı birleşim detayı 1'de ise sıkıştırma dişinin olmayışından kaynaklı 20- 30 mm olarak değerlendirilmiştir.

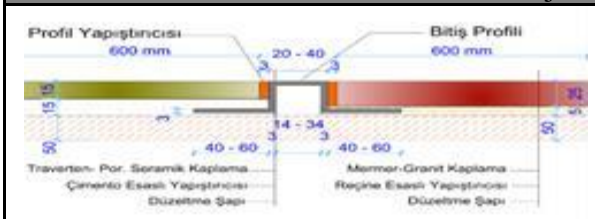
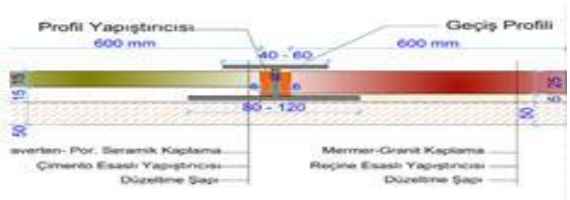
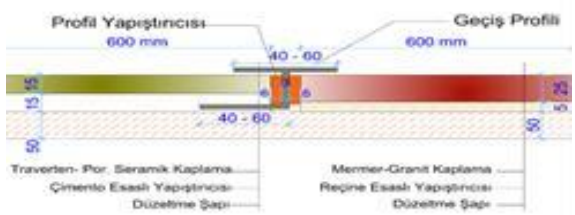
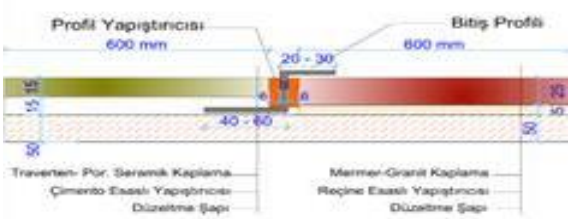
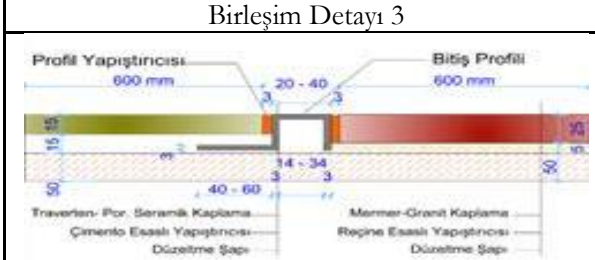
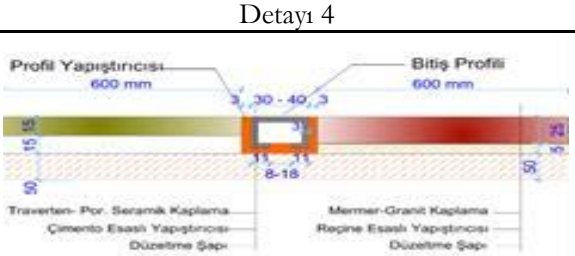
TİP 3 BİRLEŞİM MODELLERİ	
İnce - Kalın Malzemeler	
	
Seramik – Porselen Seramik Birleşim Detayı 1	Seramik – Porselen Seramik Birleşim Detayı 2
	
Seramik – Porselen Seramik Birleşim Detayı 3	Seramik – Porselen Seramik Birleşim Detayı 4
	
Seramik – Porselen Seramik Birleşim Detayı 5	Seramik – Porselen Seramik Birleşim Detayı 6
	
Seramik – Porselen Seramik Birleşim Detayı 7	Seramik – Porselen Seramik Birleşim Detayı 8
	
Seramik – Porselen Seramik Birleşim Detayı 9	Seramik – Porselen Seramik Birleşim Detayı 10

Şekil 23. Kalınlıkları ve Sertlik Dereceleri Fazla Malzeme Geçiş Tipleri

Şekil 23'te Seramik-porselen seramik birleşim detayı 1, 2, 3, 4 ve 5 modelleri genleşme rahatlığı için oluşturulmuştur. Genleşme için kauçuk fitiller kullanılmıştır. Bu kauçuk fitillerin ebatları 6-12

mm veya 10-20 mm aralıklarında olabilmektedir. Bu modellerin altlık uzantıları 40-60 mm ebatlarında seramik türlerini yeterli derecede alttan sarabilecek nitelikte oluşturulmuştur.

Seramik-porselen seramik birleşim detayı 6, 7, 8, ve 9'da görüldüğü üzere geçiş profilleri kullanılmıştır. Bu profiller I profil olarak düşünülmüştür ve üst başlıklar çember- düz olmakla birlikte ebadı 40-60 mm olarak, alt uzantılar 80-120 mm aralığında oluşturulmuştur. Seramik-porselen seramik birleşim detaylarında genleşme profilleri haricindeki profiller, düz başlıklı I profili ve bunların çember başlıklı türleri olarak gösterilmiştir. Detay 10'da gösterildiği gibi bitiş profil de detaylar oluşturulabilmektedir.

<table>
<tr><th colspan="2">TİP 4 BİRLEŞİM MODELLERİ</th></tr>
<tr><th colspan="2">Kalın - Çok Kalın Malzemeler</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Traverten, Porselen Seramik – Mermer, Granit Birleşim Detayı 1</td><td>Traverten, Porselen Seramik – Mermer, Granit Birleşim Detayı 2</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Traverten, Porselen Seramik – Mermer, Granit Birleşim Detayı 3</td><td>Traverten, Porselen Seramik – Mermer, Granit Birleşim Detayı 4</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Traverten, Porselen Seramik – Mermer, Granit Birleşim Detayı 5</td><td>Traverten, Porselen Seramik – Mermer, Granit Birleşim Detayı 6</td></tr>
</table>

Şekil 24. Kalınlıkları Fazla, Genleşmeleri Az ve Sertlik Dereceleri Fazla Malzeme Geçiş Tipleri

Şekil 24'te görüldüğü üzere kalın-çok kalın malzemeler olan mermer, granit kaplamalar ağırlıklarından dolayı altlık malzemeleri bozabildikleri için genel olarak, 3, 4 ve 5. detaylarında altlık uzantılar 40-60 mm ebadında sadece ince malzemeleri sarmaktadır. Aynı sebepten ötürü 4, 5 ve 6. detaylarda kalın ve ağır malzemenin altlık uzantıları yoktur. Traverten, porselen seramik-mermer,

granit birleşim detayı 4 de ve seramik-porselen seramik birleşim detayı 10 'da bitiş profilleri tek kanat oldukları için ortalama aralıkta 20-30 mm olarak ebat belirlenmiştir.

Traverten, Porselen Seramik-Mermer, Granit Birleşim Detayı 1, 5 ve 6 'da kutu formunda profiller kullanılmıştır. Üst yüzey uzunluğu 1.ve detayda 20-40 mm iken, 6. detayda ise 30-40 mm olarak ideal form tasarımından kaynaklı ölçülerde verilmiştir. Seramik-granit, mermer birleşim detayı 5 ve 8'de 40-60 mm uzunluğunda geçiş başlığı varken 2, 3 ve 4. detaylarda ise işleve bağlı olarak 80-120 mm aralığında başlık oluşturulmuştur. 6. ve 7. detaylarda düz ve eğik formda üretilen kot profillerinin geçtiği maksimum uzunluk 80-120 mm aralığında verilmiştir. 1. detayda ise 60-100 mm aralığında bir başlık alternatifi sunulmuştur.

Bu tür kaplama malzemeleri çok genleşen malzemeler olmadıklarından ötürü aralarında genleşme boşluğu olarak mesafe bırakılmamaktadır. Kaplama malzemeleri ve profil arasında derz boşluğu min. 3 mm profil yapıştırıcısı bulunmaktadır. Kalın-çok kalın malzemelerin 2, 3, 4. detaylarında ve ince-kalın malzemelerin 6, 7, 8, 9, 10. detaylarında derz boşluğu ortalama 15 mm alınmıştır. Bu detaylarda kaplama malzemesi ile profil malzemesi arasında 5-6 mm aralığında yapıştırıcı boşluğu bırakılmıştır. Çember formda kullanılan başlıkların kalınlıkları, basınç dayanımının malzeme kalınlığı artışına bağlı olarak artması nedeniyle min. 4- 5 mm, Düz ve eğik formdaki profillerin başlık ve gövde kalınlıkları 3 mm olarak detaylandırılmıştır.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

Aktar, İ. H. (2017). *Yapıda kaplama malzemesi olarak ahşap ve ahşap esaslı ürün kullanımının araştırılması.* Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Akçin, Y., Asi, O., & Yeşil, Ö. (2013). Kompozit malzemelerin kaplanabilirliğinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *19* (7), 319-322.

Balanlı, A. (1997). *Yapıda ürün seçimi.* Yıldız Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi ve Eğitim ve Kültür Hizmetleri Derneği Yayını.

Coşar, N. (2002). *Döşeme kaplama malzemelerinin işlevsellik açısından incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Çelik, M. Y. (2003). Dekoratif doğal yapı taşlarının kullanım alanları ve çeşitleri. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, *42* (1), 3-15.

Dal, M., & Öcal, A. D. (2017). Mardin şehrindeki taştan yapılmış eserlerde görülen bozulmalar. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *19* (1), 60-74. https://doi.org/10.25092/baunfbed.321027

Fettahoğlu, E., & Yalçınkaya, Ş. (2021). Güncel mimaride yerel malzemenin izi. *Mimarlık ve Yaşam Dergisi, 6* (2), 659-670. https://doi.org/10.26835/my.937087

Hasbay, U., & Hattap, S. (2017). Doğal taşlardaki bozulma (ayrışma) türleri ve nedenleri. *Munzur Üniversitesi Bilim ve Gençlik Dergisi*, *5* (1), 23-41.

Koşan, D. (2020). Taşınmaz kültür varlıklarında önleyici koruma önerisi erken müdahale sistemi. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 13* (1), 130-143. https://doi.org/10.17218/hititsosbil.675762

Lesko, J. (1999). *Materials and manufacturing guide: Industrial design.* Hoboken: Wiley & Sons.

Mazlum, S., & Çolak, Ç. (2021). Yeni döşeme kaplama malzemelerinin kotlu birleşim yerlerinin tipleştirilmesi. *Yalvaç Akademi Dergisi, 6* (1), 1-13.

Polat, B. Y. (2020). *Geleneksel yapıların yapım tekniği ve malzemesi açısından incelenmesi, Mardin Evleri Örneği.* Adıyaman: İKSAD Yayınevi, 59-89.

Tayşi, Y. (2021). *Otel yapılarında doğal taş bozulmalarına ilişkin bulguların örnekler üzerinden irdelenmesi ve analizi.* Yüksek Lisans Tezi, Işık Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Thompson, R. (2007). *Manufacturing process for design professionals.* London: Thames & Hudson.

Toydemir, N., Gürdal, E., & Tanaçan, L. (2011). *Yapı elemanı tasarımında malzeme.* İstanbul: Literatür Yayıncılık.

Tuna, M. E. (2012). *Çözümlü örneklerle mukavemet.* Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Yeğin, M. (2008, 26-28 Haziran). *Geleneksel yapıların restorasyonunda malzeme, teknoloji ve tekniklerin araştırılması geliştirilmesi.* Üniversite-Sanayi İşbirliği Merkezleri Platformu (USİMP) Üniversite-Sanayi İşbirliği Ulusal Kongresi, Adana.

Yılmaz, A. (2005). *Epoksinin döşeme kaplama malzemesi olarak kullanılması ve hastane yapılarındaki kullanımının değerlendirilmesi.* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

URL-1, (08.04.2019 tarihinde http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pvc%20Kaplamalar.pdf adresinden ulaşılmıştır).

URL-2, (08.04.2019 tarihinde http://www.insaathaberleri.net/haber/8566-pvc-yer-dosemesi-teknik-sartnamesi.html adresinden ulaşılmıştır).

URL-3, (08.04.2019 tarihinde http://cevherhazirlama.com/belgeler/seramik-malzemeler.pdf adresinden ulaşılmıştır).

URL-4, (08.04.2019 tarihinde https://www.ngkutahyaseramik.com.tr/kataloglar adresinden ulaşılmıştır).

URL-5, (01.04.2019 tarihinde https://www.yapikatalogu.com/zemin-duvar-tavan adresinden ulaşılmıştır).

URL-6, (08.04.2019 tarihinde https://www.seranit.com.tr/kataloglar, adresinden ulaşılmıştır).

URL-7, (09.04.2019 tarihinde http://floorpan.com.tr/ adresinden ulaşılmıştır).

URL-8, (09.04.2019 tarihinde https://www.camsanordu.com/tr/21437/laminant-parke-teknik-ozellikleri adresinden ulaşılmıştır).

URL-9, (08.04.2019 tarihinde https://www.yedigun.com/traverten-tas-kaplama adresinden ulaşılmıştır).

ULR-10, (08.04.2019 tarihinde http://www.optimumtravertine.com/#prettyPhoto[a]/2/ adresinden ulaşılmıştır).

URL-11, (08.04.2019 tarihinde http://www.efendioglu.com.tr/tr/urun-detay/ekvator adresinden ulaşılmıştır).

URL-12, (26.06.2019 tarihinde http://www.arelstone.com/tr/Granit.aspx adresinden ulaşılmıştır).

URL-13, (25.05.2019 tarihinde http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/paslanmaz.pdf adresinden ulaşılmıştır).

URL-14, (15.05.2019 tarihinde http://www.saraykimya.com.tr/urunler/seramikyapistirici adresinden ulaşılmıştır).

URL-15, (26.06.2019 tarihinde http://www.karosiman.com/karosiman-karo-nedir/devami/adresinden ulaşılmıştır).

URL-16, (24.05.2020 tarihinde https://www.yapikatalogu.com/Files/Products/21181/file-29706.pdf adresinden ulaşılmıştır).

URL-17, (24.05.2020 tarihinde http://aluminyumprofil.com.tr/gecis-profilleri.html adresinden ulaşılmıştır).

URL-18, (02.05.2020 tarihinde https://www.moxsystems.com/tr/paslanmaz-celik-zemin-dilatasyon-profili-mps-yd/adresinden ulaşılmıştır).

Termoreaktif Difüzyon ve Literatür Uygulamaları

Ali İhsan BAHÇEPINAR[1]
İbrahim AYDIN[2]

Giriş

Endüstride kullanılan makine bileşenlerinin kullanım esnasında maruz kaldığı aşınma ve korozyonun etkisiyle kullanım ömürleri sınırlıdır. Bu makine bileşenlerinin aşınma ve korozyon özelliklerini iyileştirmek parçaların kullanım ömürlerini arttıracağı için ekonomik olarak önem arz etmektedir. Bu nedenle malzemelerin yüzeylerini aşınma ve korozyon gibi dış etkenlerden koruyan kaplama uygulamaları ilgi görmektedir (Özdoğan, 2017).

Sert kaplamalar; yüksek sertlik, düşük sürtünme katsayısı, düşük gözenek oranı, yüksek korozyon ve adezif aşınma direncine sahiptir (Tavakoli & Mousayi Khoie, 2010). Bu sert kaplamaları oluşturmak için, kimyasal buhar biriktirme (CVD), fiziksel buhar biriktirme (PVD) ve termoreaktif difüzyon yöntemi olmak üzere 3 farklı yöntem kullanılmaktadır (Aghaie-Khafri & Fazlalipour, 2008).

PVD ve CVD yöntemi endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır (OrjuelaG, Rincon & Olaya, 2014). PVD yönteminin karmaşık ekipman gerekliliği ve pahalı bir yöntem olması, CVD yönteminin parçalarda bozulmalara yol açması nedeniyle alternatif bir kaplama yöntemine ihtiyaç duyulmuştur (Božidar, 2013). Termoreaktif difüzyon yöntemi (TRD) ise bu iki yönteme alternatif olarak TOYOTA tarafından geliştirilen ekonomik bir kaplama yöntemidir (OrjuelaG, Rincon & Olaya, 2014). TRD yöntemi ekonomik olmasının yanında, kaplamanın alt tabakaya yüksek yapışma mukavemeti, daha yüksek sertlik, homojen kaplama oluşumu, diğer kaplama yöntemlerine göre daha düşük sürtünme katsayısı ve yüksek aşınma direnci gibi avantajlara sahiptir (Ganji & ark., 2022). Bu nedenle endüstriyel uygulamalar için ilgisi gün geçtikçe artmaktadır (Božidar, 2013).

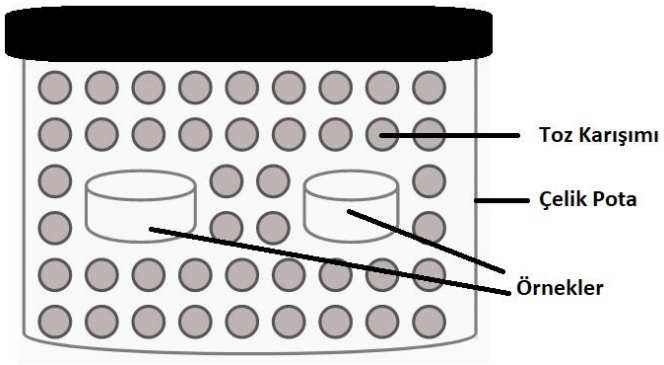
Termoreaktif Difüzyon İşlemi (TRD)

TRD, ağırlıkça %3' den fazla karbon içeren demir esanslı malzemelerin aşınma ve korozyon dayanımlarını iyileştirmek için yüksek sıcaklıkta nitrür, karbür, karbonitrür ya da börür kaplama yöntemidir (Tavakoli & Mousayi Khoie, 2010; Aghaie-Khafri & Fazlalipour, 2008). Nitrürler, karbürler ve borürler; yüksek aşınma ve korozyon dirençleri nedeniyle tribolojik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Kurt & ark., 2020). TRD yönteminde; Vanadyum, niyobyum, tantal, krom, molibden, tungsten, silisyum, titanyum gibi elementlerin karbür veya nitrürleri çelik yüzeyinde oluşturulur (Aghaie-Khafri & Fazlalipour, 2008). Böylece demir esaslı makine parçalarının kullanım ömürleri arttırılmaktadır. TRD farklı ortamlarda yapılabilmektedir. Bunlar; tuz banyosu, akışkan yatak ve kutu sementasyon teknikleridir (Abakay, 2013). Bu çalışmada, kutu sementasyon yöntemi incelenmiştir.

Kutu sementasyon yönteminde yüzey işlemi uygulanacak malzemeler; bir çelik pota içerisinde kaplama element kaynağı, dolgu maddesi ve aktivatörden oluşan toz karışımı içerisine gömülür.

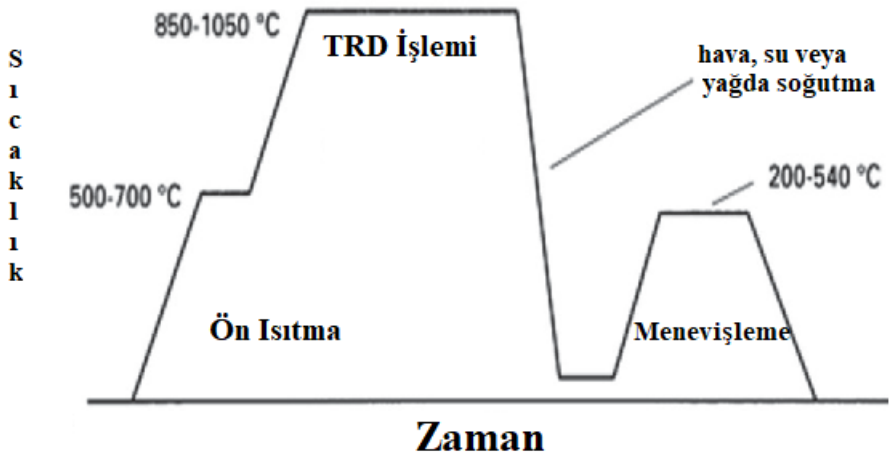
[1] Öğr. Gör., Manisa Celal Bayar Üniversitesi
[2] Dr. Öğr. Üyesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Çelik pota içerisindeki toz karışımına gömülen numunelerin şematik görüntüsü şekil 1. de verilmiştir. Kaplama işlemi fırın içerisinde 900-1000 ºC sıcaklıkta 2-5 saat bekletilerek gerçekleşir (Önder, 2012). Kaplama işlemi sonrası, malzemelerde çarpılmaları engellemek ve boyutsal kararlılık elde etmek için su, hava veya yağda soğutma işlemi ve menevişleme yapılır. Menevişleme tek ya da iki kademe olarak yapılabilir. Menevişleme sıcaklıkları 150-200 °C ya da 500-600 °C dir (Abakay, 2013). TRD işleminin şematik görüntüsü şekil 2. de verilmiştir.



Şekil 1. Çelik Pota İçerisine Numunelerin Şematik Görüntüsü

Kaplamanın kalınlığı işlem sıcaklığı ve süresine göre değişiklik göstermektedir. Kaplama element kaynağı olarak ferro alaşımları kullanılmaktadır. Çünkü temin edilebilmesi kolay ve ucuzdur. Ferro alaşım dışında saflığı yüksek metal tozları da kullanılabilmektedir. Aktivatör, toz karışımının en önemli elemanıdır. Isıtma sırasında kaplama element kaynağı ile reaksiyona girerek uçucu metalik halojenürleri oluşturur. Bu sayede kutu içerisinde aktif gaz ortamı sağlanır (Önder, 2012). Aktivatör olarak; Amonyum Klorür (NH_4Cl), Amonyum Florür (NH_4F), Amonyum Bromür (NH_4Br), Amonyum iyodür (NH_4I) yaygın olarak kullanılmaktadır. Dolgu maddesi, kaplama element kaynağının topaklaşmasını ve malzeme yüzeyine yapışmasını engellemek için kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan dolgu maddeleri ise Alüminyum oksit (Al_2O_3), Magnezyum oksit (MgO), Silisyum oksit (SiO_2), kaolen ve refrakter killerdir (URL-1).



Şekil 2. TRD İşleminin Diyagramı (Castillejo & ark., 2011)

TRD işlemi çelik pota içerisinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle çelik potanın atmosfer ile ilişkisinin tamamen kesilmesi önemlidir. Çünkü çelik pota içerisine giren oksijen, kaplanacak malzeme üzerinde oksitlenmeye neden olur. Metal üzerinde oluşan oksitlenme, karbür tabakasının oluşumunu engeller ya da yetersiz yapışma mukavemetine sahip kaplamalar oluşmasına neden olur. Bu nedenle potanın sızdırmazlığı önemli bir parametredir. Ayrıca Toz karışımının tane boyutlarının

küçük olması metal tozlarının birbirleri ile sinterlenme ihtimalini arttırmaktadır, tane boyutlarının büyük olması aktivatör ile reaksiyona girerek buhar fazına geçen element miktarını azaltmaktadır. Bu nedenle literatürle ideal tane boyutu 40-60 μm olduğunu belirlenmiştir (Abakay, 2013).

TRD ile Oluşturulan Karbür Kaplamalar Hakkında Literatür Çalışmaları

Aghaie-Khafri & Fazlalipour; 2367 kalıp çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile vanadyum karbür kaplama işlemleri uygulamışlardır. Kaplama işlemleri, ferro-vanadyum, NH_4Cl, Al_2O_3 ve naftalinden oluşan toz karışımında 950, 1050, 1150 ºC sıcaklıkta 1-5 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda 2.3-23.2 μm kalınlığında vanadyum karbür kaplamalar elde edilmiştir. Elde edilen vanadyum karbür tabakasının yaklaşık sertliği 2487 HV olarak ölçülmüştür. Kaplamaların aşınma dayanımları incelenmiş, kaplanmış numunelerin üstün aşınma dirençleri gösterdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca vanadyum karbür kaplama işleminin kinetiğini incelemişler ve aktivasyon enerjisini 173.2 kj/mol olarak hesaplamışlardır (Aghaie-Khafri & Fazlalipour, 2008).

Günen & ark.; GGG-80 dökme demir yüzeyine TRD yöntemi ile krom-vanadyum kompozit karbür kaplama işlemleri uygulamışladır. Kaplama işlemleri; nano boyutta ferro-vanadyum ve ferro-krom tozları kullanılarak 900, 1000, 1100 ºC sıcaklıkta 1 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; 12-36 μm kalınlığında karbür kaplamalar elde etmişlerdir. Kaplamanın sertlik değerlerini 24.11-31.88 GPa, elastisite modül değerini 198-233 GPa olarak bildirmiştir. Kaplama işlem sıcaklığının artmasının, kaplama kalınlığını, sertlik değerini ve elastisite modül değerini arttırdığını gözlemlemişlerdir (Günen & ark, 2020).

Şen; AISI D2 çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile krom karbür kaplama işlemleri uygulamıştır. Kaplama işlemleri; ferro-krom, NH_4Cl ve Al_2O_3 tozları kullanılarak 1223, 1273, 1323 K sıcaklıkta 1-4 saatte gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda, pürüzsüz ve kompakt bir karbür tabakası elde ettiğini, oluşan karbür tabakasının sertliğini 1850±35 HV bildirmiştir. Ayrıca krom karbür kaplamanın kinetiğini incelemiş, aktivasyon enerjisini 278 Kj/mol olarak hesaplamıştır (Şen, 2005).

OrjuelaG, Rincon & Olaya; AISI 1045 çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile niyobyum karbür kaplama işlemleri uygulamışlardır. Kaplama işlemi; ferro-niyobyum, boraks pentahidrat ve alüminyum tozları kullanılarak 1020 ºC sıcaklıkta 4 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen niyobyum karbür kaplamaların %3.0 NaCl çözeltisinde korozyon dayanımlarını gözlemlemişlerdir. Niyobyum karbür kaplamaların AISI 1045 çeliğinin korozyon dayanımlarını iyileştirdiğini belirlemişlerdir (OrjuelaG, Rincon &Olaya, 2014).

Zhang & ark.; AISI 1020 çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile titanyum karbür kaplama işlemleri uygulamışlardır. AISI 1020 çeliğinin karbon oranı %0.3' den düşük olduğu için ilk aşama olarak doğalgaz ortamında 200-300 Pa basınçta 950 ºC sıcaklıkta 15 saatte gaz karbonlama işlemi uygulanmıştır. Bu sayede karbon oranı arttırılmıştır. Kaplama işlemi; ferro-titanyum, NaF ve NaCl tozları kullanılarak 900 ºC sıcaklıkta 3 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; titanyum karbür tabakasının sertliğini 1885±121 HV, karbür kaplamanın altlık yüzeyine bağlanma kuvveti 52 N, sürtünme katsayısı 0.45-0.56, titanyum karbür kaplı malzemenin aşınma hacim kaybını %78 oranında azalttığını belirlemişlerdir (Zhank & ark., 2019).

Kurt & ark.; AISI D6 çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile titanyum-bor karbür kaplama işlemleri uygulamışlardır. İlk aşamada; ferro-titanyum, Al_2O_3 ve NH_4Cl tozları kullanılarak 950-1050 ºC sıcaklıkta 1, 2, 4 ve 6 saatte titanyum karbür kaplama işlemi yapılmış ardından yüzey temizliği yapılarak ferro-bor, Al_2O_3 ve $NaBF_4$ tozları kullanılarak 950-1050º C sıcaklıkta 1, 2, 4 ve 6 saatte bor karbür kaplama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda oluşturulan titanyum-bor karbür kaplamaların yüzey pürüzlülük değerlerini 0.29-1.91, kaplama kalınlık değerlerini 3.65-29.5 μm, sertlik değerini 1800-4841 HV, elastisite modül değerini 146-235 GPa olarak belirlemişlerdir. Ayrıca kaplama işleminin altlık malzemenin aşınma direncini 4-120 kat arttırdığını gözlemlemişlerdir (Kurt & ark. 2020).

Şen; AISI 1040 çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile niyobyum karbür kaplama işlemleri uygulamıştır. Kaplama işlemi; ferro-niyobyum, Al_2O_3 ve NH_4Cl tozları kullanılarak 1073, 1173, 1273 K sıcaklıkta 1, 2, 3, 4 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda karbür kaplamanın kalınlık değerini 3.42- 11.73 μm olarak belirlemiştir. Ayrıca niyobyum karbür kaplama işleminin kinetiğini incelemiş ve aktivasyon enerjisini 91.257 kj/mol olarak hesaplamıştır (Şen, 2004).

Soltani & ark.; AISI L2 çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile niyobyum karbür kaplama işlemleri uygulamışlardır. Kaplama işlemi; ferro-niyobyum, Al_2O_3 ve NH_4Cl tozları kullanılarak 900, 950, 1000, 1050 ºC sıcaklıkta 2, 4, 6, 8 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, farklı oranlarda hazırlanan toz karışımlarının kaplama kalınlıklarına göre inceleyerek optimum karışım oranını %5 NH_4CI, %20 Fe-Nb belirlemişlerdir. Ayrıca kaplamaların sertlik değerlerini 2300-2700 HV, niyobyum karbür kaplanmış numunelerin aşınma dayanımını 10 kat arttırdığını gözlemlemişlerdir (Soltani & ark, 2017).

Fan & ark.; AISI H13 çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile vanadyum karbür kaplama işlemleri uygulamışlardır. Kaplama işlemi; $Na_2B_4O_7$, V_2O_5 ve alüminyum tozları kullanılarak 920, 1000 ºC sıcaklıkta 1, 6 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; kaplamaların sertlik değerini 28.1±0.7 GPa, elastisite modül değerini 421±14 GPa olarak belirmişlerdir. Ayrıca vanadyum karbür kaplama işleminin kinetiğini incelemişler ve aktivasyon enerjisini 199.3 kj/mol olarak hesaplamışlarıdır (Fan & ark, 2010)

Kurt & ark; AISI D3 çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile vanadyum karbür kaplama işlemleri uygulamışlardır. Kaplama işlemleri; 950, 1050, 1100 ºC sıcaklıkta 2, 4 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; vanadyum karbür kaplamaların kalınlık değerlerini 2.6-26.8 μm, ortalama sertlik değerini 2400 HV olarak belirlemişlerdir. Ayrıca vanadyum karbür kaplama işleminin kinetiğini incelemişler ve aktivasyon enerjisini 180.73 kj/mol olarak hesaplamışlarıdır (Kurt & ark, 2014).

Kurt & ark; AISI D3 çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile krom karbür kaplama işlemleri uygulamışlardır. Kaplama işlemleri, 950, 1050, 1100 ºC sıcaklıkta 2, 4 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; krom karbür kaplamaların kalınlık değerlerini 4.2-17 μm, sertlik değerini 1200-1600 HV olarak belirlemişlerdir. Ayrıca krom karbür kaplama işleminin kinetiğini incelemişler ve aktivasyon enerjisini 180.13 kj/mol olarak hesaplamışlarıdır (Kurt & ark, 2013).

Zong, Gao & Sun; AISI 52100 çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile vanadyum karbür kaplama işlemleri uygulamışlardır. Kaplama işlemi; ferro-vanadyum, Al_2O_3, NH_4Cl ve NaF tozları kullanılarak 900 ºC sıcaklıkta 2, 4, 6, 8 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; vanadyum karbür kaplamaların kalınlık değerlerini 3.1-7.7 μm, sertlik değerini 2130-2320 HV olarak belirlemişlerdir. Ayrıca karbür kaplamaların yapışma mukavemetini Daimler-Benz Rockwell-C yöntemine göre incelemişler ve yapışma mukavemetlerinin HF1-HF2 standartlarında olduğunu gözlemlemişlerdir (Zong, Gao & Sun, 2020).

Zong, Jiang & Fan; AISI 52100 çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile krom karbür kaplama işlemleri uygulamışlardır. Kaplama işlemi; ferro-krom, NH_4Cl ve NaF tozları kullanılarak 850 ºC sıcaklıkta 2, 4, 6, 8 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; krom karbür kaplamaların kalınlık değerlerini 3.2- 8.5 μm, sertlik değerini 1730 – 1920 HV, yapışma mukavemetini Daimler-Benz Rockwell-C yöntemine göre HF2-HF3 standartlarında olduğunu belirmişlerdir. Ayrıca krom karbür kaplamaların aşınma dirençlerini ölçmüşler ve kaplama işleminin malzemenin aşınma direncini önemli ölçüde iyileştirdiğini, sürtünme katsayısını da 0.46' dan 0.37' ye düşürdüğünü gözlemlemişlerdir (Zong, Jiang & Fan, 2020).

Castillejo, Marulanda & Olaya; AISI M2, H13 VE D2 çelikleri yüzeyine TRD yöntemi ile niyobyum karbür kaplama işlemleri uygulamışlardır. Kaplama işlemi; ferro-niyobyum, $Na_2B_4O_7$ ve alüminyum tozları kullanılarak 1020 ºC sıcaklıkta 4 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, karbür kaplamaların kalınlık değerlerinin çeliğin karbon miktarıyla orantılı olduğunu ve en yüksek

kalınlık değerinin AISI D2 çeliğinde, en düşük kalınlık değerinin H13 çeliğinde elde edildiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca kaplamaların korozyon dirençlerini ölçmüşler ve AISI D2 çeliği yüzeyine oluşturulan niyobyum karbür kaplamaların daha düşük gözenek yüzdesine sahip olması nedeniyle en iyi korozyon direncine sahip olduğunu belirlemişlerdir (Castillejo, Marulanda & Olaya, 2014).

Ganji & ark.; AISI W1 çeliği yüzeyine TRD yöntemi ile krom karbür ve vanadyum karbür kaplama işlemleri uygulamışlardır. Krom karbür kaplama işlemi; Cr_2O_3, $Na_2B_4O_7$, Al ve NaF tozları kullanılarak, vanadyum karbür kaplama işlemi; V_2O_5, $Na_2B_4O_7$, Al ve NaF tozları kullanılarak, 1000 ºC sıcaklıkta 8, 10 ve 12 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, kaplama sürenin artmasıyla kalınlık değerlerinin arttığını ve krom karbür için maksimum kalınlık değerini 20 µm, vanadyum karbür için maksimum kalınlık değerini 17 µm olarak gözlemlemişlerdir. Sertlik değerinin de kaplama süresinin artması ile arttığını belirlemişler ve krom karbür için maksimum sertlik değerini 1782 HV, vanadyum karbür için maksimum sertlik değerini 1890 HV olarak gözlemlemişlerdir (Ganji & ark, 2020).

KAYNAKÇA

Özdoğan, L., & Kurt, B. (2017). Takım çeliklerinin kutu sementasyon tekniği kullanılarak yüksek aşınma direncine sahip TiBC tabakasıyla kaplanması. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstirüsü, Yüksek Lisans Tezi

Tavakoli, H., & Khoie, S. M. (2010). An electrochemical study of the corrosion resistance of boride coating obtained by thermo-reactive diffusion. Materials Chemistry and Physics, 124(2-3), 1134-1138. Doi: 10.1016/j.matchemphys.2010.08.047

Aghaie-Khafri, M., & Fazlalipour, F. (2008). Vanadium carbide coatings on die steel deposited by the thermo-reactive diffusion technique. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 69(10), 2465-2470. Doi: 10.1016/j.jpcs.2008.04.040

OrjuelaG, A., Rincon, R., & Olaya, J. J. (2014). Corrosion resistance of niobium carbide coatings produced on AISI 1045 steel via thermo-reactive diffusion deposition. Surface and Coatings Technology, 259, 667-675. Doi: 10.1016/j.surfcoat.2014.10.012

Matijević, B. (2013). A model of vanadium carbide growth on steel surfaces obtained by thermo reactive deposition. Jom, 65(11), 1395-1402. Doi: 10.1007/s11837-013-0763-4

Ganji, O., Sajjadi, S. A., Yang, Z. G., & Mirjalili, M. (2022). Tribological properties of duplex coatings of chromium-vanadium carbide produced by thermo-reactive diffusion (TRD). Ceramics International, 48(6), 7475-7490. Doi: 10.1016/j.ceramint.2021.11.292

Kurt, B., Özdoğan, L., Güney, B., Bölükbaşı, Ö. S., & Günen, A. (2020). Characterization and wear behavior of TiBC coatings formed by thermo-reactive diffusion technique on AISI D6 steel. Surface and Coatings Technology, 385, 125332. Doi: 10.1016/j.surfcoat.2020.125332

Önder, E. (2012). Termoreaktif difüzyon (TRD) yöntemiyle krom karbür ve vanadyum karbür kaplanan AISI D3 seri soğuk iş takım çeliğinin mikroyapı ve aşınma özelliklerinin incelenmesi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Abakay, E. (2013). Termo-reaktif difüzyon (TRD) yöntemi ile çeliklerin Nb-Al-N kaplanması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

URL-1, Karbürleme Nedir? (17.12.2022 tarihinde https://www.uslularhadde.com/karburleme-nedir adresinden ulaşılmıştır.)

Castillejo, F., Marulanda, D., Rodríguez, O., & Olaya, J. (2011). Electrical furnace for producing carbide coatings using the thermoreactive deposition/diffusion technique. Dyna, 78(170), 192-197.

Günen, A., Kalkandelen, M., Gök, M. S., Kanca, E., Kurt, B., Karakaş, M. S., ... & Çetin, M. (2020). Characteristics and high temperature wear behavior of chrome vanadium carbide composite coatings produced by thermo-reactive diffusion. Surface and Coatings Technology, 402, 126402. Doi: 10.1016/j.surfcoat.2020.126402

Sen, S. (2005). A study on kinetics of CrxC-coated high-chromium steel by thermo-reactive diffusion technique. Vacuum, 79(1-2), 63-70. Doi: 10.1016/j.vacuum.2005.01.009

Zhang, J., Li, S., Lu, C., Sun, C., Pu, S., Xue, Q., ... & Huang, M. (2019). Anti-wear titanium carbide coating on low-carbon steel by thermo-reactive diffusion. Surface and Coatings Technology, 364, 265-272. Doi: 10.1016/j.surfcoat.2019.02.085

Soltani, R., Sohi, M. H., Ansari, M., Haghighi, A., Ghasemi, H. M., & Haftlang, F. (2017). Evaluation of niobium carbide coatings produced on AISI L2 steel via thermo-reactive diffusion technique. Vacuum, 146, 44-51. Doi: 10.1016/j.vacuum.2017.09.023

Fan, X. S., Yang, Z. G., Zhang, C., Zhang, Y. D., & Che, H. Q. (2010). Evaluation of vanadium carbide coatings on AISI H13 obtained by thermo-reactive deposition/diffusion technique. Surface and Coatings Technology, 205(2), 641-646. Doi: 10.1016/j.surfcoat.2010.07.065

Kurt, B., Onder, E., Carboga, C., & Demirel, B. İ. L. A. L. (2014). Characterization and kinetics of VC coatings on AISI D3 steel performed by thermo-reactive diffusion technique. Practical Metallography, 51(1), 32-44. Doi: 10.3139/147.110230

Zong, X., Gao, F., & Sun, L. (2020). Investigation of Microstructure and Properties of Vanadium Carbide Coatings Deposited on AISI 52100 (ShKh15) Steel by Thermo-Reactive Diffusion. Metal Science and Heat Treatment, 61(11), 738-742. Doi: 10.1007/s11041-020-00492-6

Xiaoming, Z. O. N. G., Jiang, W., & Zitian, F. A. N. (2019). Evaluation of Chromium Carbide Coatings on AISI 52100 Steel Obtained by Thermo-Reactive Diffusion Technique. Materials Science, 25(1), 36-41. Doi: 10.5755/j01.ms.25.1.19094

Castillejo, F. E., Marulanda, D. M., & Olaya, J. J. (2014). Production and characterization of niobium carbide coatings produced on tool steels by thermoreactive deposition/diffusion. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 22(2), 189-195.

Ganji, O., Sajjadi, S. A., Yang, Z. G., Mirjalili, M., & Najari, M. R. (2020). On the formation and properties of chromium carbide and vanadium carbide coatings produced on W1 tool steel through thermal reactive diffusion (TRD). Ceramics International, 46(16), 25320-25329. Doi: 10.1016/j.ceramint.2020.06.326

Genetik Algoritmalar

Emrullah GAZİOĞLU[1]

1. Giriş

Genetik Algoritmalar (GA), optimizasyon problemlerinde sıklıkla kullanılan evrimsel hesaplamalar metoduna ait özel bir sınıf algoritmalardır. Holland (Holland, 1975) tarafından önerilmiştir ve daha sonra Goldberg'in çokça atıfta bulunduğu kitabında (Goldberg & ark., 1989) popülerleşmiştir. Tek bir noktadan ziyade bir arama noktaları popülasyonunun sürdürülmesi ile karakterize edilirler ve sistemin evrimi, popülasyondaki noktalar arasındaki karşılaştırmaları ve etkileşimi içerir. Genellikle, arama uzayının sonlu bir küme olduğu (tipik olarak bir yapıya sahip) kombinatoryal optimizasyon problemlerinde kullanılırlar. En yaygın örnekler, olası çözümleri temsil etmek için sabit uzunluklu ikili diziler kullanır, ancak bu her zaman böyle olmayabilir: Arama alanının temsili, ilgilenilen belirli problem sınıfına uyacak şekilde seçilmelidir. Arama uzayının üyeleri daha sonra belirli bir problem örneğini ne kadar iyi çözdüklerini belirleyen bir uygunluk fonksiyonu aracılığıyla değerlendirilir. Bu, elbette, en uygun olanın hayatta kaldığı ve daha iyi ve daha iyi çözümler üretmek için geliştiği doğal seçilime benzetme yoluyla yapılır. Bu nedenle, bir genetik algoritmanın etkinliğinin (hesaplama karmaşıklığının daha doğrudan bir ölçüsü yerine) problemi çözmek için gereken uygunluk fonksiyonunun değerlendirme sayısı cinsinden ölçüldüğüne dikkat etmek gerekir. İyi tanımlanmış herhangi bir problem sınıfı için, bir problem örneğini çözmek için bir algoritmanın ihtiyaç duyduğu maksimum fonksiyon değerlendirmesi sayısı, o problem sınıfı için algoritmanın kara kutu karmaşıklığı olarak adlandırılır. Bir problem sınıfının kara kutu karmaşıklığı, mümkün olan en iyi kara kutu algoritmasının gerektirdiği maksimum fonksiyon değerlendirmesi sayısı olarak tanımlanır. Bu başlı başına bir araştırma konusudur (Droste, Jansen ve Wegener, 2002).

Örnek olarak, bir hedef tamsayı T ile birlikte n tam sayı kümesinin verildiği alt kümelerin toplam problemini ele alalım. Bu problemde toplamı T'ye mümkün olduğunca yakın olan bir alt küme bulmamız gerekiyor. Alt kümeleri, n uzunluğundaki ikili diziler olarak temsil edebiliriz; burada 1, bir öğenin alt kümede olduğunu ve 0, alt kümede olmadığını gösterir. İkili dizi, karşılık gelen bireysel çözeltinin DNA'sının (deoksirübo nükleik asit) analoğunu oluşturur. Uygunluğu o zaman minimize etmeye çalıştığımız karşılık gelen toplam tarafından verilir.

Farklı bir örnek olarak, ziyaret edilecek çok sayıda şehrin olduğu Gezgin Satıcı Problemi'ni (GSP) ele alalım. Kat edilen mesafeyi en aza indirirken, her şehri bir kez ziyaret edip başlangıç noktasına dönmek için bir rota planlamalıyız. Buradaki olası bir çözüm, karşılık gelen mesafe tarafından verilen uygunluk ile şehirler listesinin (DNA görevi gören) bir permütasyonu, yani sıralaması olarak ifade edilebilir.

Bir genetik algoritma, bu tür çözümlerin bir popülasyonunu ve bunlara karşılık gelen uygunlukları bulundurur. Popülasyonun daha iyi üyelerine odaklanarak ve küçük varyasyonlar (veya mutasyonlar) yaparak, popülasyonun makul bir süre içinde iyi, hatta optimal çözümler geliştireceği beklenir.

[1] Araştırma Görevlisi Dr., Şırnak Üniversitesi

Alana popüler bir genel giriş, Mitchell'in kitabında (Mitchell, 1998) bulunabilir. Genetik algoritmalar teorisi hakkında bilinenlerin çoğu, değişen popülasyonun dinamik bir sistem olarak tanımlanması etrafında dönen Vose (Vose, 1999) tarafından geliştirilmiştir. Bu teorinin bir özeti Rowe tarafından hazırlanan kitapta (Reeves ve Rowe, 2002) bulunabilir. Daha yakın zamanlarda, optimizasyon problemleri için çalışma zamanı analizine özel bir odaklanma ile algoritmik yönleri anlamaya daha güçlü bir vurgu yapılmıştır (Wegener, 2001; Auger ve Doerr, 2011; Neumann ve Witt, no date).

2. Algoritmanın Ana Hatları

Genetik algoritma, popülasyonu nesiller adı verilen ayrı iterasyonlarda güncelleyerek çalışır. Rastgele oluşturulmuş bir başlangıç popülasyonu ile başlanır. Bu, bir sonraki neslin yaratıldığı bir dizi yavrunun üretildiği bir dizi ebeveyn görevi görür. Bunu yapmak için iki temel şema vardır: kuşaksal yöntem ve sabit durum yöntemi.

Kuşak yöntem, tamamen yeni bir popülasyon oluşturana kadar, ebeveyn popülasyondan tekrar tekrar yavrular üretmektir. Bir nesil, bu durumda, tüm bu nesillerin yaratılmasına karşılık gelir. Sabit durum yaklaşımı ise aksine, mevcut ebeveynlerden tek bir yavru üretir ve ardından onu popülasyona ekleyerek bazı bireylerin yerini alır. Burada bir nesil, yeni bir çözüm adayı yaratmaktan ibarettir.

Her iki durumda da popülasyon boyutu, algoritmanın bir parametresi olan başlangıç boyutunda sabit kalır. Farklı durumlarda popülasyon boyutunun iyi bir seçimini araştıran bazı teorik çalışmalar vardır, ancak çok az genel ilke vardır (Jansen, Wegener ve Kaufmann, 2001). Doğru boyut, optimize edilecek probleme ve algoritmanın geri kalanının belirli detaylarına bağlı olacaktır. Bununla birlikte, bazı durumlarda daha küçük popülasyon büyüklüklerinin tercih edilebileceği ve aslında bazı durumlarda bir popülasyon büyüklüğünün yeterli olduğu gösterilebilir.

Kuşaksal genetik algoritmanın genel yapısı şu şekildedir:

```
1. Rastgele S büyüklüğünde bir popülasyon oluştur.
2. Bir durdurma kriteri sağlanana kadar tekrarla:
  a) S kez tekrarla:
      i. Popülasyondan bir çözüm adayı seç.
      ii. Çözüm adayını çaprazlama ve mutasyon operatörlerine sok.
      iii. Ortaya çıkan yavruları yeni popülasyona yerleştir.
      iv. Tüm çözüm adaylarını değerlendir ve En-İyi'yi sakla.
3. Dönder: En-İyi
4. Dur.
```

Buradaki kritik noktalar, mevcut popülasyondan çözüm adaylarını seçmek için kullanılan seçilim yöntemi ve seçilen çözüm adaylarını değiştirmek için kullanılan mutasyon ve çaprazlama yöntemleridir. Buradaki fikir, seçilimin daha iyi çözümleri (eldeki optimizasyon problemine daha iyi çözümler sağlaması anlamında) tercih edeceği, mutasyonun seçilen mevcut çözümlerde küçük farklılıklar ortaya çıkaracağı ve çaprazlamanın da farklı iyi çözümlerin parçalarını bir araya getireceğidir.

Sabit durum genetik algoritmasının genel yapısı aşağıdaki gibidir:

```
1. Arama uzayındaki çözüm adaylarıyla rastgele S büyüklüğünde bir
popülasyon oluştur.
2. Bir durdurma kriteri sağlanana kadar tekrarla:
  a) Popülasyondan bir çözüm adayı seç.
  b) Çözüm adayını çaprazlama ve mutasyon operatörlerine sok.
  c) Popülasyondan mevcut bir çözüm adayı seç.
  d) Bu çözüm adayını yeni yavruyla değiştir.
3. Dur.
```

Seçilim, mutasyon ve çaprazlamaya ek olarak, sabit durum genetik algoritmasının değiştirilecek bireyi seçmek için bir araç belirlememizi de gerektirdiği görülmektedir. Uygun yerine koyma (değiştirme) stratejileri Bölüm 4'te daha sonra tartışılacaktır.

Kuşaksal genetik algoritmada işlemin seçilim yöntemi tarafından yönlendirildiği açıktır. Algoritmanın bu adımında, çözülmeye çalışılan problemi optimize etme derecesine göre tercih edilen çözüm adayları saklanır. Sabit durum genetik algoritması için, eğer bu, kötü performans gösteren bireylerin değiştirilmesini etkileyecek şekilde tasarlanmışsa, yerine koyma (replacement) stratejisi ile algoritmanın ilerlemesi de sağlanabilir. Aslında, örneğin her zaman popülasyonun en kötü üyesini değiştirerek ve seçilim adımının herhangi bir bireyi tekdüze rastgele seçmesine izin vererek, işin tüm yükünü değiştirme adımına yüklemek mümkündür. Tersine, daha güçlü bir seçilim yöntemi kullanılabilir ve bireyler rastgele (veya elbette iki yaklaşımın bazı kombinasyonları) değiştirilebilir.

Ayrıca, sabit durum yaklaşımı, kullanıcının, bu tür bireyleri koruyan bir yerine koyma stratejisi seçerek, iyi bireylerin asla kaybolmayacağını garanti etmesine olanak tanır. Örneğin, her seferinde en kötü bireyi değiştirmek, en iyi bireyin kopyalarının her zaman kalmasını sağlar. En iyi bireyi çalışma zamanı boyunca koruma özelliğine sahip tüm optimizasyon algoritmalarına elitist denir. Bu istenilen bir özelliktir, aksi halde optimuma doğru ilerleme mutasyon ve seçilim nedeniyle kaybolabilir. Kuşak çerçevesi, mevcut haliyle, böyle bir garanti sunmuyor. Nitekim, seçilen yönteme bağlı olarak, en iyi birey korunmak şöyle dursun, seçilmeyebilir bile. Bu nedenle, örneğin her seferinde en iyi bireyin en az bir kopyasının bir sonraki nesle kopyalandığından emin olarak, kuşaksal çerçeveye elitizm eklemek oldukça yaygın bir stratejidir.

Elitizmin açıkça eklenmediği kuşaksal yaklaşıma virgül stratejisi (comma strategy) denir. Buna özellikle bir (S,S) EA denir. Yani, popülasyon boyutunun S olduğu ve oluşan yeni neslin de boyutunun S olduğu anlamına gelir. Daha genel olarak, L adet yavrunun yaratıldığı ve en iyi S adedinin gelecek nesil olarak alındığı, yani $L \geq S$ olan bir (S,L) algoritmasına da sahip olabiliriz. L, S'ye göre yeterince büyükse, en iyi bireyin seçilmeme olasılığı oldukça küçük olur. Buna ek olarak, mutasyon ve çaprazlamanın herhangi bir değişiklik yapmama olasılığı makul ise, bir elitizm yaklaşımı elde edebiliriz.

Bir çözüm adayının en kötü bireyin yerini aldığı sabit durum algoritmasına artı stratejisi (plus strategy) denir. Buna özellikle bir (S+1) EA denir. Bu, bir yavrunun S büyüklüğünde bir popülasyondan yaratıldığı ve daha sonra en iyi S adedinin "ebeveynler artı yavru" havuzundan getirildiği anlamına gelir. Daha genel olarak, L adet yavrunun yaratıldığı, ebeveyn ve yavru koleksiyonundan en iyi S adedinin gelecek nesil olarak tutulduğu (S+L) algoritmalarına sahip olduğumuz anlamına gelir. Sonuç olarak, artı stratejiler elitisttir.

Sabit durum genetik algoritmasının bir başka avantajı da ilerlemeden hemen yararlanılabilmesidir. İyileşmekte olan bir birey bulunur bulunmaz, popülasyona eklenir ve sonraki nesillerde de seçilebilir. Kuşak algoritması ise bunun tersine, herhangi bir iyi keşfin kullanılabilmesi için önce tam bir yavru seti üretmek zorundadır. Bu ek yük, popülasyon boyutunu olabildiğince küçük alarak en aza indirilebilir, ancak bu durumda, herhangi bir tür elitizm açıkça uygulanmadığından seçilim sürecinde iyi bireyleri kaybetme riski vardır.

Her iki yöntemde de sıklıkla yapılan bir başka genişletme, popülasyonda çeşitlilik düzeyini korumak için bir mekanizma uygulamaktır. Açıkçası, bir popülasyona sahip olmanın potansiyel bir avantajı, arama uzayının geniş bir alanını kapsayabilmesi ve tek bir bireyin kullanılmasından daha etkili aramaya izin vermesidir. Bununla birlikte, popülasyonun üyeleri aynı veya çok benzer hale gelirse, bu avantaj kaybedilecektir. Özellikle, popülasyon üyeleri çok benzerse, çaprazlamanın etkinliği azalır veya hatta ortadan kalkar.

Ayrıntılara geçmeden önce, bir popülasyona sahip olmanın optimizasyon için etkili bir yaklaşım olup olmadığını sorgulamak gerekir. Gerçekten de bu tür problemler için EA'lar kullanılmaya

çalışıldığında, böyle bir soru ciddi bir şekilde sorulmalıdır. Belirli problem sınıfları için, basit bir yerel arama stratejisinin (yani bir (1+1) EA) aynı derecede etkili veya daha iyi olabileceği bir durum olabilir. Örneğin, bazı problemler için (bir dizideki bit değerlerini basitçe toplayan OneMax problemi gibi), bir (1+1)-EA, yalnızca standart bitsel mutasyon (Sudholt, 2010) kullanan evrimsel algoritmalar arasında kanıtlanabilir şekilde optimaldir. Bu konuda bize rehberlik edecek az ama sınırlı miktarda teorik çalışma vardır (Jansen, Wegener ve Kaufmann, 2001). İlk olarak, eğer arama uzayı, zayıf çözümler içeren küçük boşluklara sahip iyi çözüm adalarından oluşuyorsa, o zaman bir popülasyon, boşlukları atlamak için etkili bir yol sağlayabilir. Bunun nedeni, daha kötü yavruların (özellikle kuşaksal bir yaklaşımla) o kadar kolay reddedilmemesi ve şanslı bir mutasyonun komşu bir iyi bölgeye taşınmasına yetecek kadar uzun süre devam edebilmesidir. Bu nedenle, popülasyona dayalı bir yaklaşımın genel olarak oldukça çok modlu (multimodal) problemlerde etkili olması beklenebilir, ancak ne yazık ki bu duruma ilişkin çok az analiz vardır. Çaprazlamanın probleminiz için etkili olduğu düşünülüyorsa (Bölüm 6), o zaman ebeveyn çiftlerini seçmemiz gerektiğinden bir popülasyon gereklidir, ancak tekrar hatırlatmak fayda vardır; çok küçük popülasyonların yeterli olduğu bir durum olabilir. Böyle bir avantaj için, makul bir çeşitlilik düzeyini korumak gerektiği, aksi takdirde popülasyonun amacından saptığı kesinlikle söylenebilir (Jansen ve Wegener, 1999).

Bir genetik algoritmanın yardımcı olabileceği durumlardan biri, bir probleme yönelik potansiyel çözümlerin popülasyonun tamamı tarafından temsil edilip edilmediğidir. Yani, optimal bir şeyler kümesi bulmaya çalışırız ve bu kümeyi temsil etmek için popülasyonu kullanabiliriz. Bu, örneğin, baskın çözümlerin Pareto kümesini belirlemeye çalışan çok amaçlı (multiobjective) optimizasyon algoritmanda böyledir (Deb, 2011). Tek amaçlı (single-objective) problemler için çözümleri, her biri genel çözüme olan katkısına göre değerlendirilebilen bir dizi nesne olarak temsil etmek mümkün olabilir. Bu tür problemlerde de bazı yeni ilerlemeler olmuştur (Doerr, Happ ve Klein, 2008).

3. Seçilim Yöntemleri

Seçilim yöntemi, bir genetik algoritmanın arama sürecini daha iyi çözümlere yönlendirmek için sahip olduğu birincil araçtır. Bu, genellikle, ismi "uygunluk fonksiyonu" olan, arama uzayındaki her noktaya pozitif bir puan atayan ve en uygun çözümün maksimum (veya minimum) uygunluğa sahip olduğu bir fonksiyon olarak tanımlanır. Çoğu zaman uygunluk fonksiyonu aslında problemin optimize edilmesi gereken amaç fonksiyonudur (objective function), ancak bunun değiştirilebileceği zamanlar da vardır. Bu genellikle problem bazı kısıtlamalar içerdiğinde olur ve bu nedenle kısıtlamaların ne ölçüde karşılandığı dikkate alınmalıdır. Bu duruma yaklaşmanın birkaç farklı yolu vardır:

1. Herhangi bir uygun olmayan (unfeasible) çözümü atın ve yeniden deneyin. Yani, bir çözümü mutasyona uğratmak (diyelim ki) uygun olmayan bir çözüm üretiyorsa, onu atın ve uygun (feasible) bir çözüm elde edilene kadar orijinali yeniden değiştirmeyi deneyin.
2. Çözümü onarın: Bu, herhangi bir uygun olmayan çözüm verildiğinde, onu uygun hale gelene kadar değiştiren özel amaçlı bir sezgisel (heuristic) yöntem yaratmayı içerir.
3. Daha genel olarak, uygun çözümler üretmesi garanti edilen değiştirilmiş operatörler oluşturulabilir. Yukarıdaki iki yöntem, bunu başarmanın özel yollarıdır.
4. Uygunluk fonksiyonunu ceza terimleri ekleyerek uyarlayın.

Uygun olmayan çözümlere müsamaha gösterilmesine izin verdiği, ancak popülasyonu uygun olmayan çözümlerden uygun çözümlere doğru yönlendirme sorumluluğunu seçilim yöntemine yüklediği için burada bizi ilgilendiren yukarıdaki dördüncü yaklaşımdır. Buradaki fikir, orijinal amaç fonksiyonunun ağırlıklı bir toplamı ve kısıtlamaların ne ölçüde aşıldığının bir ölçüsü olan bir uygunluk fonksiyonu yaratmaktır. Yani, eğer $g : X \to \mathbb{R}$ amaç fonksiyonu ise, aşağıdaki gibi bir uygunluk fonksiyonumuz olabilir:

$$f(x) = w_0 g(x) - \sum_{i=1}^{n} w_i c_i(x)$$

burada, c_j, j kısıdının ne ölçüde ihlal edildiğini gösteren bir ölçümdür. Bu yaklaşımla ilgili bir zorluk, ağırlıkları belirlemektir, çünkü uygun olmayan çözümlere müsamaha gösterilmesi istenebilir (en azından araştırmanın ilk aşamalarında), ancak iyi ama uygun olmayan çözümlerin uygun olanları ortadan kaldırması istenebilir. Sonuç olarak, uygun çözümlerin, uygun olmayan çözümlere (ne kadar iyi olursa olsun) tercih edilmesi için en azından ağırlıkları sabitlemeye çalışmak yaygın bir yaklaşımdır. O halde bu, özellikle turnuva seçiliminde iyi çalışan (sonraki bölümlerde bahsedilecektir), yalnızca iki çözümden hangisinin tercih edileceğini söylemenin gerekli olduğu dördüncü bir yaklaşımı önermektedir. Uygun çözümlerin uygun olmayan çözümlere tercih edilmesini, iki uygun çözümün amaç fonksiyonu ile karşılaştırılması gerektiğini ve iki uygun olmayan çözümün kısıtlama ihlali derecesine göre karşılaştırılmasını gerektiğini söylemek gerekir.

Zayıf veya uygun olmayan çözümlerin bir genetik algoritma tarafından tolere edilme derecesi, seçilen seçilim yönteminin gücü tarafından belirlenir. Zayıf bir seçilim yöntemi, tipik olarak daha iyi çözümler seçecek olan güçlü bir şemaya kıyasla zayıf (yani, düşük uygunlukta) çözümlerin yüksek olasılıkla seçilmesine izin verecektir. Bir seçilim şemasının, daha zayıf olandan daha iyi bir çözümün seçilme olasılığının daha yüksek olması gerektiği konusunda ısrar etmek olağandır. Çok zayıftan çok güçlüye değişen bir dizi seçilim yöntemi önerilmiştir ve bunları bu sırayla ele alacağız.

3.1. Rastgele Seçilim

En zayıf seçilim yöntemi, popülasyonun bir üyesini rastgele seçmektir. Tabii ki, bunun hiçbir seçme gücü yoktur ve kendi başına arama sürecini yönlendirmez. Bu nedenle, bunu başarmak için başka bir mekanizma ile birleştirilmelidir. Tipik olarak bu, yer değiştirme stratejisinin seçilim baskısı uyguladığı bir sabit durum genetik algoritmasında kullanılabilir (Bölüm 4). Başka bir olasılık, yavruların daha iyi olmaları durumunda ebeveynlerin yerini alabileceği, ancak çaprazlama için eş seçiminin rastgele olduğu paralel bir genetik algoritmadır.

3.2. Oransal Seçilim

Uygunlukla orantılı seçilim (fitness proportional selection) yöntemi, uygunluğun doğal evrimdeki rolü analojisini dikkate almaktan gelir. Biyolojik evrimde uygunluk, kelimenin tam anlamıyla, bir bireyin sahip olmayı beklediği yavru sayısının bir ölçüsüdür. Bir genetik algoritmanın sabit boyutlu popülasyonu içinde, bunu, bir bireyin seçilme olasılığının popülasyon içindeki uygunluğuyla orantılı olması gerektiğini söyleyerek modelleyebiliriz. Yani, x nesnesini seçme olasılığı şu şekilde verilir:

$$\frac{f(x)}{\sum_y f(y)}$$

burada, toplam, popülasyonun tüm üyeleri arasında yayılmaktadır. Bu seçim yöntemi genellikle *rulet çarkı* (*roulette wheel*) algoritması tarafından şu şekilde uygulanır:

1. T: popülasyondaki tüm uygunluk değerlerinin toplamı.
2. R: $0 \leq R < T$ aralığında bir rastgele sayı.
3. $c = 0$ ve $i = 0$
4. $c < R$ olduğu sürece:
   a. $c = c + f(i)$
   b. $i = i + 1$
5. Dönder: i

burada, $f(i)$, popülasyonda indisi i olan nesnenin uygunluk değeridir.

3.3. Turnuva Seçilimi

Turnuva seçilimini kullanmak çok daha basit bir yoldur. Bir $k < S$ parametresi sabitleriz. Popülasyondan bir öğe seçmek için basitçe aşağıdakileri yaparız:

1. Popülasyondan k adet çözüm adayı rastgele seç.
2. İçlerinden en iyi olanı seçip yeni nesle aktar.

Belki de en yaygın versiyonu $k = 2$ olan ikili turnuva seçimidir. Burada k, seçilimin boyutu anlamına gelir ve bahsederken "k boyutlu turnuva seçilimi" denilir. Bu durumda, arama uzayındaki noktalara sayısal bir değer atamak için bir uygunluk fonksiyonuna sahip olmak gerekli değildir. Gereken tek şey, iki noktayı karşılaştırmak ve tercih edileni seçmek için bir araçtır.

Popülasyondan i çözüm adayını seçme olasılığı aşağıda gösterildiği gibidir:

$$\frac{2r(i) - 1}{S^2}$$

burada, S popülasyonun boyutunu ve $r(i)$ 1'den (en kötüden), S'ye kadar (en iyiye) sıralamayı ifade eder. Eğer yerine koyma yapılmadan iki nesne seçilirse, o zaman i nesnesini seçme olasılığı şöyle olur:

$$\frac{2r(i) - 2}{S(S - 1)}$$

Diğer bir uç nokta, eğer turnuva boyutu çok büyük (S'ye yakın) seçilirse, o zaman sadece en iyi bireylerin seçilmesi daha olası hale gelir. Turnuva boyutunu bu şekilde artırmak, seçim gücünü kontrol etmek için iyi bir yöntemdir. Ancak bu sefer de popülasyonda çeşitlilik düşmeye başlayacaktır.

4. Yerine Koyma (Replacement) Yöntemleri

Sabit durum genetik algoritması, popülasyona mevcut üyelerden birinin yerini alan yeni bir yavru çözümün yerleştirilebileceği bir yöntem gerektirir. Seçilimde olduğu gibi, popülasyonu daha iyi çözümler elde etmeye ne ölçüde yönlendirdiği açısından farklı güçleri olan farklı yaklaşımlar vardır. Aslında, yerine koyma yöntemlerinin çoğu, seçilim için Bölüm 3'te önceden açıklananlara dayanmaktadır.

4.1. Rastgele Yerine Koyma

Sabit durum genetik algoritmalarında yaygın olarak bulunan basit bir yöntem olarak yeni çözümün rasgele seçilen mevcut bir üyeyi değiştirmesidir. Bu yapılırsa, değiştirme aşaması arama sürecini belirli bir yöne itmez ve daha iyi çözümlere doğru gelişme külfeti seçilen seçilim yöntemindedir. Bu nedenle, rastgele yer değiştirmeli sabit durum genetik algoritmasının, aynı seçilim yöntemini kullanan kuşaksal genetik algoritmaya aşağı yukarı eşdeğer olduğu varsayılır. Bu tam olarak doğru olmasa da her iki algoritmanın da uzun vadede davranışlarının aynı olacağı teorik olarak gösterilebilir (Wright ve Rowe, 2001).

4.2. Tersine Yerine Koyma

Çeşitli değiştirme yöntemleri doğrudan seçilim yöntemlerine dayalıdır, ancak daha kötü performans gösteren çözümlerin daha iyi olanlardan daha fazla değiştirilme olasılığı daha yüksek olacak şekilde değiştirilir. Örneğin, değiştirilme olasılığının uygunluk tarafından belirlendiği bir ters

uygunluk orantılı yer değiştirme yöntemi oluşturulabilir. Daha düşük uygunluğun daha yüksek bir değiştirilme şansı anlamına geldiğinden emin olmak için, uygunluğun tersi, değiştirme olasılığını belirlemek için kullanılabilir. Alternatif olarak, uygunluk (eğer biliniyorsa) global optimumdan çıkarılabilir. Bu bulunursa optimumun asla değiştirilemeyeceği avantajına sahip olacaktır. Bu durumda, popülasyondaki i öğesinin değiştirilmek üzere seçilme olasılığı:

$$\frac{f^* - f(i)}{\mu f^* - \sum_j f(j)}$$

burada, f^* optimum uygunluk değerini gösterir.

Uygunluk tarafından belirlenen değiştirme, bu şekilde yapılan seçimle aynı dezavantajlara sahiptir. Örneğin, aramanın sonuna doğru tüm popülasyon üyeleri benzer uygunluk değerlerine sahip olacaktır. Uygunlukla orantılı değiştirme, en iyi bireyi en kötü bireyle değiştirme olasılığı kadar olacaktır. Sonuç olarak, ölçekleme veya sıralama kullanan alternatif bir yöntem tercih edilebilir. Bu fikirlerin en basiti bir turnuva kullanmaktır, ancak bu sefer örneğin en kötüsünü seçilir:

1. Popülasyondan rasgele olarak k adet çözüm adayını yer değiştirme yapmadan seçin.
2. Seçilenlerden en kötü uygunluk değerine sahip olanı seçin.

Yukarıdaki yöntemle popülasyondaki en iyi çözüm adayı hiçbir zaman yer değiştirme için kullanılmayacaktır.

4.3. En Kötü Bireyi Değiştirme

Belki de en yaygın yerine koyma stratejisi olarak, popülasyonun en kötü üyesini yeni yavruyla değiştirmektir. Bu, popülasyonun daha iyi üyelerini koruduğu için nispeten güçlü bir yaklaşımdır.

Daha da güçlü bir seçenek, popülasyonun en kötü üyesini, yalnızca yeni yavru daha iyi veya değer olarak eşitse değiştirmek olacaktır. Bu, popülasyonun minimum uygunluğunun asla azalmayacağını garanti eder ve bu nedenle algoritmanın çalışma zamanı boyunca ilerlemesi garanti edilir. Bazı durumlarda, bu çok daha hızlı bir evirilmeye yol açabilir. Ancak, uzun bir süre popülasyona yeni bireylerin eklenmediği de olabilir. Bu, daha iyi bireyler yaratmanın giderek zorlaştığı bir çalışma zamanının sonuna doğru giderek daha fazla geçerli olacaktır. En kötü üyeyi değiştirmek, yeni nesil ne kadar iyi ya da kötü olursa olsun, en azından yeni arama noktaları eklemeye devam eder ve popülasyondaki daha iyi çözümlerin kopyalarını tutarken daha fazla keşif için yeni olasılıklar yaratır.

4.4. Ebeveynleri Değiştirme

Hangi öğenin değiştirileceğini seçmek için farklı bir fikir, yavrunun ebeveyni (veya ebeveynleri) ile değiştirilmesidir. Bu yöntem, yavrunun ebeveyne benzer olması muhtemel olduğundan, bir miktar çeşitliliğin korunmasında da bir avantaj yaratacaktır. Bunu yapmanın en basit yolu, çaprazlama yerine mutasyonun kullanıldığı durumda, daha iyiyse yavrunun ebeveyni ile yer değiştirmesidir. Seçilim süreci tamamen rastgeleyse, popülasyondaki bireyler arasında herhangi bir etkileşim olmadığı için bu, bir dizi yerel arama algoritmasının paralel olarak çalıştırılması anlamına gelir.

Bunun bir diğer varyasyonu, ikinci bir ebeveynin seçilmesini gerektiren çaprazlama operatörünün kullanılmasıdır (Bölüm 6). Bu durumda, en iyi bireyin asla değiştirilemeyeceğini garanti ederek, yavru iki ebeveynden en kötüsü ile yer değiştirecektir. Rastgele seçilim, standart çaprazlama ve mutasyona (Bölüm 5 ve 6) sahip, yavrunun en kötü ebeveynin yerini aldığı sabit durum genetik algoritması olan mikrobiyal genetik algoritma (Harvey, 2009) ismi verilen algoritmanın arkasındaki fikir budur:

```
1. Rastgele bir popülasyon oluştur.
```

```
2. Bir sonlandırma kriteri sağlanana kadar tekrarla:
   a) Popülasyondan rastgele iki birey seç.
   b) Çaprazlama ve mutasyon uygula.
   c) Yeni yavruyu iki ebeveynden en kötü olanı ile yer değiştir.
3. Dur.
```

Çaprazlama kullanılırsa olası başka bir seçenek, iki yavru oluşturmak ve bunların bazı uygun koşullar altında her iki ebeveyn ile de yer değiştirmesidir. Bu koşullar şunlardır:

- En az bir yavru, her iki ebeveynden daha iyi ise,
- Her iki yavru da en kötü ebeveynden daha kötü değilse,
- Yavrulardan biri her iki ebeveyninden daha iyi ise, diğeri de herhangi birinden iyi ise.

Gen-Değişmez Genetik Algoritmasının (Culberson, 1992) arkasındaki fikir yukarıda anlatıldığı gibidir. Sabit uzunluktaki ikili diziler halindeki arama uzaylarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. İlk popülasyonun, oluşturulan her rasgele dizi için, bitsel tamamlayıcısını da (tersini) dahil edecek şekilde yapılandırılması ayarlanır. Bu, popülasyondaki her bit konumunda eşit sayıda bir ve sıfır olmasını sağlar. İki ebeveyn arasında çaprazlama gerçekleştiğinde, her iki olası yavru da tutulursa, o zaman birler ve sıfırların sayısı korunmuş olur. Bu düzenleme, doğal olarak, mutasyonu dahil etme gerekliliği olmaksızın, popülasyonda çok fazla çeşitliliği korur. İlk çalışmalar, bu yaklaşımın arama uzayında belirli türden tuzaklardan kaçınmada çok iyi olacağını öne sürdü. Bununla birlikte, bu öneriyi takip eden çok az çalışma ortaya çıktı.

5. Mutasyon Yöntemleri

Seçilim ve yerine koyma, genetik algoritmayı kendi popülasyonunun bir alt kümesine odaklarken, mutasyon ve çaprazlama operatörleri, algoritmanın arama uzayında yeni noktaları keşfetmesini sağlar. Mutasyonun arkasındaki fikir, popülasyonun iyi bir üyesini seçtikten sonra, daha da iyi olması umuduyla bir varyant yaratmaya çalışmaktır. Bunu yapmak için, ilgili problem sınıfına özel bazı doğal veya yerleşik yerel arama operatörlerinden yararlanmak genellikle mümkündür. Örneğin, Gezgin Satıcı Problemi için, iyi bilinen 2-opt operatörü, seçilen turun rastgele bir bölümünü tersine çevirerek çalışır (Lin, 1965; Papadimitriou ve Steiglitz, 1998). Bu bize bu problem sınıfı için çözümleri mutasyona uğratmanın avantajını gösterir. Benzer şekilde, Sırt Çantası Problemini çözerken, nesneleri değiş tokuş etmek genellikle işe yarar ve bu da bize nasıl bir mutasyona uğratmamız konusunda iyi bir fikir verir.

Genel olarak, mutasyonlar, arama uzayının noktaları için bir gösterilim (temsil) seçilerek ve ardından bu gösterilim üzerinde çalışacak bir dizi operatör tanımlanarak kullanılır. Örneğin, birçok kombinatoryal optimizasyon problemi, bir kümenin en uygun alt kümesinin seçilmesiyle ilgilidir. Arama uzayı, tüm alt kümelerin toplamı, kümenin boyutuna eşit uzunlukta ikili diziler kullanılarak temsil edilebilir. Her konum bir küme öğesine karşılık gelir ve bir öğenin belirli bir alt kümeye dahil olup olmadığını ayırt etmek için 0 ve 1 kullanılır. Daha sonra temsil üzerinde hareket etmek için bir operatör koleksiyonu tanımlanır. Örneğin, alt kümeye bir öğe çıkarma veya ekleme eylemi uygulanabilir ve uygun konumda bitin basit bir şekilde evirilmesiyle elde edilir. Gösterimde *n* bit varsa, bu, *n* operatör olduğu anlamına gelir. Bir bit dizisini mutasyona uğratmak için rastgele bir operatör seçilir ve uygulanır.

Bir alt kümedeki bir öğeyi olmayan bir öğeyle değiştirmek için aynı anda 1'ni 0'a ve 0'ın da 1'e çevrilmesi gerekir. Alt kümenin k elemanı varsa, bunu yapmanın $k(n-k)$ yolu olduğunu anlamına gelir.

İkili diziler için belki de en yaygın mutasyon seçimi, mutasyon oranı denen sabit bir olasılıkla her bir biti bağımsız olarak rastgele çevirmektir. Bu, boyutu k olan bitlerin bir alt kümesini $u^k(1-u)^{n-k}$ olasılıkla çevirmeye karşılık gelir. Çoğu zaman, mutasyon oranı $u = 1/n$ olarak ayarlanır, çünkü tek bitlik mutasyonları sağlarken, iki veya daha fazla biti ters çevirerek değişimlerin gerçekleşmesini sağlama olasılığı yüksektir. Ancak, $(1-1/n)^n \approx 1/e$ olasılıkla hiçbir şeyin olmama

durumunun olduğuna da dikkat edilmesi gerekir. Bu, evrimleşmeyi neredeyse sabit bir faktör kadar yavaşlatırken, hiçbir şey yapmama olasılığına sahip olmak her zaman kötü bir şey olmak zorunda da değildir. Çünkü bazen algoritmanın yanlış yollara (uygunsuz çözüm adaylarına) sapmasını engelleyebilir.

Mutasyon oranı $u = 1/n$ en sık önerilen olsa da seçilecek en iyi değer problem sınıfının ayrıntılarına ve kullanılan genetik algoritmanın geri kalanına bağlıdır (Jansen ve Wegener, 2000). Örneğin, basit (1+1) EA, arama uzayında art arda mutasyona uğradığı tek bir noktayı korur ve yalnızca daha iyi bir yavru meydana gelirse bu noktayı değiştirir. Lineer fonksiyonlar için $u = 1/n$ seçimi lineer fonksiyonlar sınıfı (Witt, 2012) için ispatlanabilir şekilde optimaldir. Bununla birlikte, bir dizgenin uygunluğunun basitçe ilk sıfırın konumu olduğu, ismi Öncü Birler Problemi (leading ones problem) olan (1+1) algoritması için en uygun mutasyon oranının aslında $1.59/n$'ye yakın olduğu gösterilebilir (Böttcher, Doerr ve Neumann, 2010).

Bir mutasyon operatörünü tanımlamaya yönelik daha genel bir yaklaşım için, bitlerin her bir alt kümesine bir olasılık atanabilir ve böyle bir alt kümeyi verilen olasılıkla çevirebilir. Bu, bir grup π ikili dizisi üzerinde bir olasılık dağılımı tanımlamaya karşılık gelir. Bir x dizisini mutasyona uğratmak için, $\pi(y)$ olasılığıyla başka bir *y* dizisi seçilir ve $x \oplus y$ sonucu alınır, burada $\oplus$ sembolü bit düzeyinde "özel veya"yı (Rowe, Vose ve Wright, 2010) temsil eder. Bu genel yöntem, bir öğenin belirli bir alt kümede olup olmadığını temsil etmek için 0 ve 1 etiketlerine göre değişmez olma özelliğine sahiptir. Genetik algoritmanın performansının bu sıranın nasıl seçildiğine duyarlı olmaması için, mutasyonun temel kümenin n öğesinin sıralamasına göre değişmez olması da istenebilir. Bunu yapmak için çok daha sınırlı bir mutasyon operatörü gerekir. $0,1,\ldots,n$ sayı kümesi üzerinde bir olasılık dağılımı belirtilmeli ve ardından bu dağılıma göre bir sayı seçildikten sonra, bu boyuttaki bitlerin rastgele bir alt kümesi döndürülmelidir. Böyle bir mutasyonun, bit etiketleri (yani, 0 veya 1 seçimi) ve bit sıralaması açısından *tarafsız* (unbiased) olduğu belirtilmiştir (Lehre ve Witt, 2010; Rowe ve Vose, 2011).

Her bitin sabit bir oranla mutasyona uğraması *tarafsız* bir mutasyon operatörünün bir örneğidir. k bitin ters çevrilme olasılığı aşağıda belirtildiği gibidir:

$$\binom{n}{k} u^k (1-u)^{n-k}$$

Aşağıdaki sözde kod parçası binom dağılımına göre *k*'yı seçmek için etkili bir algoritmadır (Kachitvichyanukul ve Schmeiser, 1988):

1. $x = y = 0$
2. $c = log(1-u)$
3. r : 0 ile bir arasında rastgele bir sayı
4. $y = y + 1 + \lfloor \log(r)/c \rfloor$
5. Eğer $y < n$ ise $x = x + 1$ ve GİT: 3, değilse x'i döndür.

Bu algoritmayı, önce çevrilecek bit sayısını seçerek ve ardından bu boyutun hangi belirli alt kümesinin mutasyona uğrayacağını seçerek mutasyon gerçekleştirmek için kullanabiliriz. Yukarıdaki algoritma $O(un)$ beklenen çalışma süresine sahiptir. Eğer u nispeten küçükse ve aynı indeks iki kez seçilmişse, 1'den *n*'ye kadar tekrar eden konumlar örneklenebilir. $u = 1/n$ seçimi için rasgele seçilim algoritması sabit sürede çalışır ve büyük n değeri için tekrar örnekleme yapma olasılığı sıfıra yakındır. Sonuç olarak, bu şekilde mutasyon gerçekleştirmek son derece etkilidir. Alternatif bir yöntem, çevrilecek bir sonraki bitin konumunu rastgele seçmektir (Jansen ve Zarges, 2011).

6. Çaprazlama Yöntemleri

Çaprazlama, iki farklı çözümün parçalarını üçüncüyü oluşturmaya yönelik birleştirmek için kullanılan bir yöntemdir. Beklenilen şey, her ana çözümün iyi parçalarının daha da iyi bir yavru yapmak için bir araya gelmesidir. Tabii ki, her bir ebeveynin kötü kısımlarını da yeniden

birleştirebilir ve daha kötü bir çözüm ortaya çıkabilir. Ancak daha sonra seçme ve yerine koyma yöntemleri bunları filtreleyecektir.

Kullanılan gösterilime (temsil) bağlı olarak, geçiş gerçekleştirmek için çeşitli yöntemler mevcuttur. İkili diziler için üç ortak seçenek vardır. Tek noktalı çaprazlama rastgele bir bit konumu seçer ve bir ebeveynden bu konumun altındaki tüm bit değerlerini diğerinden kalan tüm bit değerleri ile birleştirir. Aşağıdaki ebeveynler verilmiş olsun:

0 1 0 0 1 1 0 1

1 1 1 0 0 1 1 1

Eğer beşinci nokta kesme noktası olarak seçilirse, aşağıdaki yavru elde edilir:

0 1 0 0 0 1 1 1

Benzer şekilde, iki noktalı çaprazlama için temsil üzerinde iki nokta rasgele seçilir. Bu iki nokta arasındaki bitsel değerler ve kalanlar diğerinden gelir. Böylece, az önce verilen aynı iki ebeveyn ile kesme noktaları olarak 2 ve 6 seçilirse aşağıdaki yavru elde edilir:

0 1 1 0 0 1 0 1

Hem bir hem de iki noktalı çaprazlamalar, bitlerin sıralamasına göre *taraflı* (biased) olma özelliğine sahiptir. Eğer problem gösterilimi, bu sıralama önemli olacak şekilde seçilmişse, bu tür bir çaprazlama, yan yana olan değerleri koruma eğiliminde oldukları için bir avantaj sağlayabilir. Örneğin, problem en uygun alt kümeyi bulmakla ilgiliyse ve kümenin öğeleri bazı sezgisel yöntemlere (örneğin açgözlü bir algoritma) göre önceden sıralanmışsa, o zaman bir veya iki noktalı çaprazlama uygun olabilir. Bununla birlikte, bitlerin sırası keyfi ise, sıralama açısından *tarafsız* (unbiased) olan bir yöntem seçilmelidir. Ortak görüş, tek düze çaprazlama (uniform crossover) olarak adlandırılır ve her iki ebeveynden de rastgele bit değerleri seçmeyi içerir. Bunu uygulamanın bir yolu, rastgele bir bit dizisi oluşturmak ve bu dizideki (veya maskedeki) değerlerin, bit değerlerinin hangi ebeveynlerden gelmesi gerektiğini belirlemesine izin vermek olacaktır. Örneğin, yukarıdaki iki ebeveyni tekrar kullanarak, 0 1 0 1 0 1 0 1 rastgele maskesini oluşturursak, aşağıdaki yavruları elde ederiz:

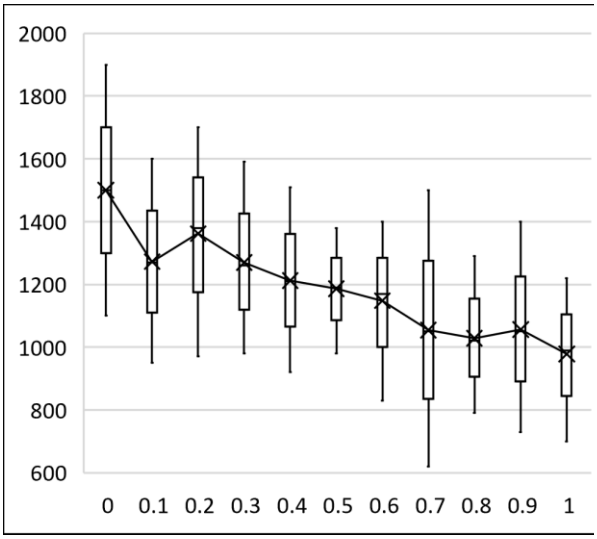
0 1 0 0 1 1 0 1

Bu, çaprazlamanın daha genel bir görünümüne yol açar: İkili diziler kümesi üzerinde bir π olasılık dağılımı belirtilir ve çaprazlama yapmak için, bu dağılıma göre bir dizi seçilir ve bu bir maske (Vose, 1999) olarak kullanılır. Tek düze çaprazlama, tek düze bir dağılıma karşılık gelir. Tek noktalı çaprazlama, yalnızca 0....01....1 biçimindeki maskelerin seçilmesine karşılık gelir. Genel olarak maskelerle çaprazlamanın, bit değerlerinin etiketlerindeki değişikliklere (yani, sıfırlarla birlerin değiştirilmesine) göre her zaman *tarafsız* olduğu gösterilebilir. Çaprazlamanın bit sıralamasına göre *tarafsız* olması da isteniyorsa, aynı sayıda 1 içeren maskelerin eşit olasılıkla seçilmesi gerekli ve yeterlidir.

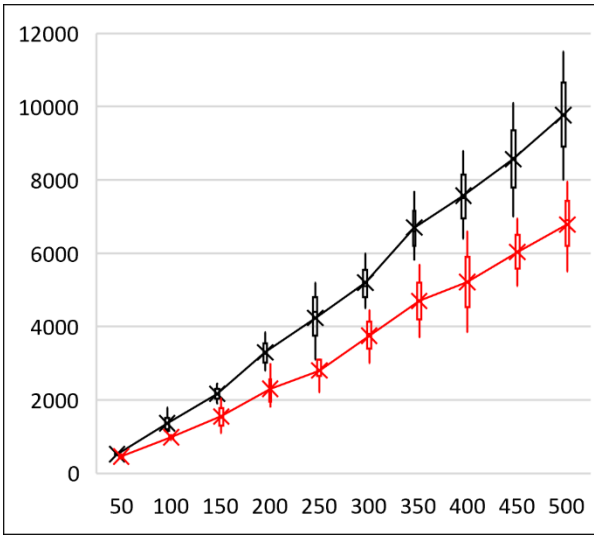
Maskelerle yapılan herhangi bir çaprazlama, her iki ebeveyn de bir bit pozisyonu üzerinde anlaşırsa, o zaman yavru da o pozisyonda aynı değeri paylaşacak iyi bir özelliğe sahiptir. Bu tür çaprazlamalara *saygılı* (respectful) denir ve ebeveynlerde bulunan yapının korunmaya çalıştığı fikri vurgulanır (Radcliffe, 1991; Rowe, Vose ve Wright, 2002).

Çaprazlamanın ne zaman yardımcı olabileceği konusundaki bilinenler oldukça sınırlıdır ve pek çok cevaplanması gereken soru vardır. Örneğin, OneMax problemine geri dönülecek olursa, çaprazlamanın yardımcı olup olmadığı deneysel olarak incelenebilir. Turnuva seçilimi ve en kötü bireyin değiştirilmesi ile sabit durum algoritması üzerinden bakılabilir. Algoritma, belirli bir olasılıkla, seçilen birey ile rastgele seçilen bir birey arasında yer almasına izin verilerek değiştirilebilir. Böylece, algoritma aşağıdaki gibi olur:

```
1. Rastgele S büyüklüğünde bir popülasyon başlat.
2. Bir sonlandırma kriteri sağlanana kadar tekrarla:
   a) İkili turnuva seçilimini kullanarak popülasyonun bir üyesini seç.
   b) p olasılıkla, seçilen bireyi popülasyondan rastgele seçilen bir bireyle
      çaprazla.
   c) 1/n olasılıkla sonucu mutasyona uğrat.
d) Popülasyonun en kötü üyesini yeni yavruyla değiştirin.
3. Dur.
```



Grafik 1. Turnuva seçilimi kullanan basit GA'nın 100 bitlik OneMax problemi için kullandığı ortalama süre (mutasyon olasılığı 0.01, popülasyon boyutu 10 ve farklı çaprazlama olasılıkları)



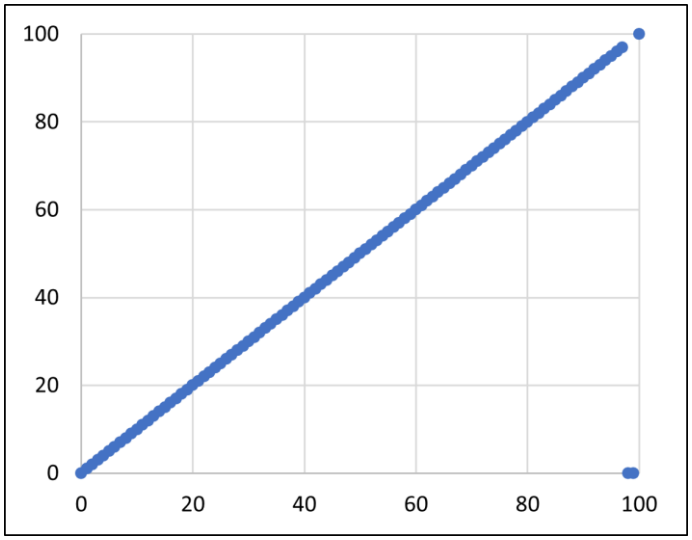
Grafik 2. Turnuva seçilimi, mutasyon oranı 1/n, popülasyon boyutu 10 ile basit GA için çeşitli bit uzunlukları için OneMax'i optimize etmek için geçen ortalama süre. Siyah çizgi'de çaprazlama yoktur. Kırmızı çizgide tek düze çaprazlama vardır ve olasılığı 1'dir

Önce $n = 100$ için OneMax problemi üzerinde bir deney gerçekleştirildi. Popülasyon boyutu 10, ve çaprazlama olasılığı 0 ile 1 arasında değiştirildi. Sonuçlar, optimumu bulmak için ortalama süreyi gösteren Grafik 1'de gösterilmiştir (20 koşturmanın ortalaması). Sonuçlar oldukça gürültülü olsa da (hata çubukları standart sapmayı temsil eder) çaprazlama olasılığı arttıkça bir miktar iyileşme olduğu görülebilir. Bu durumu daha ayrıntılı incelemek amaçlı, farklı dizi uzunlukları için çaprazlama olmadan bir sabit durum genetik algoritması ile tek düze çaprazlama ($p = 1$) bulunan bir sabit durum genetik algoritmasını karşılaştırıyoruz. Sonuçlar Grafik 2'de gösterilmiştir. Burada, problem boyutu büyüdükçe artıyor görünen önemli bir farkın olduğu açıkça görülmektedir. Bugüne kadar, bunun neden böyle olması gerektiğine dair teorik bir analiz yoktur.

Çaprazlamanın kanıtlanabilir şekilde yardımcı olabileceği bir problem sınıfının ilk örneği aşağıdaki gibidir (Jansen ve Wegener, 1999; Kötzing, Sudholt ve Theile, 2011). OneMax problemi üzerinde optimumdan hemen önce bir tuzak oluşturulur:

$$zipla(x) = \begin{cases} 0 & eğer\ \theta \leq \|x\| < n, \\ \|x\| & diğer, \end{cases}$$

burada, $\|x\|$, x'teki birlerin sayısıdır (Grafik 3). Buradaki ana fikir, popülasyonun tuzaktan hemen önce θ eşiğine tırmanmasıdır. Bu durumda, sadece mutasyonun boşluğu aşan ve global optimumu bulan bir sonuç oluşturması pek olası değildir. Bununla birlikte, her birinde yalnızca birkaç sıfır bulunan iki diziyi çaprazlamak, özellikle sıfırlar iki ebeveynde farklı yerlerde bulunuyorsa, boşluğu atlamak için daha iyi bir şansa sahip olabilir. Bunu başarmak için popülasyonda bir miktar çeşitlilik de korunmalıdır.



Grafik 3. $n = 100$ *uzunluğundaki dizi için* $\mathbf{zipla}(x)$ *fonksiyonu (eşik değeri* $\theta = 98$*)*

7. Sonuçlar

Genetik algoritmanın belirleyici özelliğinin, eldeki problem sınıfına optimal (veya en azından yeterince iyi) bir çözüm aramak için kullanılan bir popülasyonu sürdürmesi olduğu görüldü. Çözümlerin doğal olarak ikili diziler halinde temsil edildiği problemler için, DNA'yı sağlayan diziler ile doğada gelişen bir birey popülasyonu ile açık bir analoji vardır. Bu analoji ile mutasyon ve çaprazlama analogları da daha sonra kolayca tanımlanabilir ve arama operatörleri olarak kullanılabilir. Bu tür operatörler altındaki bir popülasyonun gidişatını genel anlamda tanımlayan teoriler fazlasıyla yayımlanmış ve geliştirilmiştir (Vose, 1999).

Tüm bunların ne zaman yapılmaya değer olduğu sorusu çok daha önemlidir. Yani, birincil sorunumuz problemleri verimli bir şekilde çözmekse, genetik algoritma hangi durumlarda iyi bir seçimdir? Bu soruyu cevaplamaya başlamak için algoritmaların ve problem sınıflarının derinlemesine bir teorik analizi gerekir. Bu alandaki çalışmalar daha yeni başladı. Bilinen sonuçların çoğu (1+1) EA ile ilgilidir ve çaprazlamanın rolü üzerine çok az çalışma mevcuttur.

Özet olarak, (en azından ampirik ve anekdotsal olarak) genetik algoritmaların, problem örneği bilgisinin sınırlı olduğu karmaşık problemler için çok etkili olabileceği açıkça gösterilmiştir. Aslında, her yıl konferanslarda sunulan birçok başarılı genetik algoritma uygulaması vardır ve bunlar endüstride optimizasyon için kullanılan araçlardır. Bu nedenle, bu alanda daha fazla teorik çalışmaya ve uygulamaya fazlasıyla ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

Auger, A. ve Doerr, B. (2011) *Theory of Randomized Search Heuristics: Foundations and Recent Developments*. World Scientific.

Böttcher, S., Doerr, B. ve Neumann, F. (2010) 'Optimal fixed and adaptive mutation rates for the LeadingOnes problem', in *International Conference on Parallel Problem Solving from Nature*. Springer, pp. 1–10.

Culberson, J. (1992) 'Genetic invariance: A new paradigm for genetic algorithm design'.

Deb, K. (2011) 'Multi-objective optimisation using evolutionary algorithms: an introduction', in *Multi-objective evolutionary optimisation for product design and manufacturing*. Springer, pp. 3–34.

Doerr, B., Happ, E. ve Klein, C. (2008) 'Crossover can provably be useful in evolutionary computation', in *Proceedings of the 10th annual conference on Genetic and evolutionary computation*, pp. 539–546.

Droste, S., Jansen, T. ve Wegener, I. (2002) 'A new framework for the valuation of algorithms for black-box-optimization', in *FOGA*. Citeseer, pp. 253–270.

Goldberg, D.E. & ark. (1989) *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley.

Harvey, I. (2009) 'The microbial genetic algorithm', in *European conference on artificial life*. Springer, pp. 126–133.

Holland, J.H. (1975) 'Adaptation in natural and artificial systems', *Ann Arbor* [Preprint].

Jansen, T. ve Wegener, I. (1999) 'On the analysis of evolutionary algorithms—a proof that crossover really can help', in *European Symposium on Algorithms*. Springer, pp. 184–193.

Jansen, T. ve Wegener, I. (2000) 'On the choice of the mutation probability for the (1+ 1) EA', in *International Conference on Parallel Problem Solving from Nature*. Springer, pp. 89–98.

Jansen, T., Wegener, I. ve Kaufmann, P.M. (2001) 'On the utility of populations in evolutionary algorithms', in *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO)*. Citeseer, pp. 1034–1041.

Jansen, T. ve Zarges, C. (2011) 'Analysis of evolutionary algorithms: From computational complexity analysis to algorithm engineering', in *Proceedings of the 11th workshop proceedings on Foundations of genetic algorithms*, pp. 1–14.

Kachitvichyanukul, V. ve Schmeiser, B.W. (1988) 'Binomial random variate generation', *Communications of the ACM*, 31(2), pp. 216–222.

Kötzing, T., Sudholt, D. ve Theile, M. (2011) 'How crossover helps in pseudo-Boolean optimization', in *Proceedings of the 13th annual conference on Genetic and evolutionary computation*, pp. 989–996.

Lehre, P.K. ve Witt, C. (2010) 'Black-box search by unbiased variation', in *Proceedings of the 12th annual conference on Genetic and evolutionary computation*, pp. 1441–1448.

Lin, S. (1965) 'Computer solutions of the traveling salesman problem', *Bell System Technical Journal*, 44(10), pp. 2245–2269.

Mitchell, M. (1998) *An Introduction to Genetic Algorithms*. MIT Press.

Neumann, F. ve Witt, C. (no date) 'Bioinspired computation in combinatorial optimization: algorithms and their computational complexity', *Bioinspired Computation in Combinatorial Optimization* [Preprint].

Papadimitriou, C.H. ve Steiglitz, K. (1998) *Combinatorial optimization: algorithms and complexity*. Courier Corporation.

Radcliffe, N.J. (1991) 'Forma Analysis and Random Respectful Recombination.', in *Icga*, pp. 222–229.

Reeves, C. ve Rowe, J.E. (2002) *Genetic Algorithms: Principles and Perspectives: A Guide to GA Theory*. Springer Science & Business Media.

Rowe, J.E. ve Vose, M.D. (2011) 'Unbiased black box search algorithms', in *Proceedings of the 13th annual conference on Genetic and evolutionary computation*, pp. 2035–2042.

Rowe, J.E., Vose, M.D. ve Wright, A.H. (2002) 'Group properties of crossover and mutation', *Evolutionary Computation*, 10(2), pp. 151–184.

Rowe, J.E., Vose, M.D. ve Wright, A.H. (2010) 'Representation invariant genetic operators', *Evolutionary Computation*, 18(4), pp. 635–660.

Sudholt, D. (2010) 'General lower bounds for the running time of evolutionary algorithms', in *International Conference on Parallel Problem Solving from Nature*. Springer, pp. 124–133.

Vose, M.D. (1999) *The Simple Genetic Algorithm: Foundations and Theory*. MIT Press.

Wegener, I. (2001) 'Theoretical Aspects of Evolutionary Algorithms', in F. Orejas, P.G. Spirakis ve J. van Leeuwen (eds) *Automata, Languages and Programming*. Berlin, Heidelberg: Springer (Lecture Notes in Computer Science), pp. 64–78. Available at: https://doi.org/10.1007/3-540-48224-5_6.

Witt, C. (2012) 'Optimizing linear functions with randomized search heuristics-the robustness of mutation', in *STACS'12 (29th Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science)*. LIPIcs, pp. 420–431.

Wright, A.H. ve Rowe, J.E. (2001) 'Continuous dynamical system models of steady-state genetic algorithms', in *Foundations of Genetic Algorithms 6*. Elsevier, pp. 209–225.

Yalın Üretim Sistemi ve Bir Firmada Uygulaması

Ediz ATMACA

1. Giriş

Üretim sistemi en basit tanımıyla hammadde, makinalar, tesisler, teknoloji gibi girdileri ürün

1920 yılına kadar dünyada emek-yoğun üretim yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde, çok iyi eğitilmiş işçiler kullanılır; basit ve çok amaçlı araç, gereçler ile tüketicinin isteğine göre her tür üretim gerçekleştirilirdi.

1920 yılından sonra ise Henry Ford ve Alfred Sloan yığın (kitle) üretim yöntemini geliştirdiler Yığın üretim metodu; belirli konularda yetişmiş profesyonellerin dizaynı ile vasıfsız veya az vasıflı işçi kullanarak, pahalı ve tek amaçlı makinelerle üretim yapan bir sistemdi, çok fazla miktarlarda üretim söz konusu idi. Kitle üretimi sonucunda ABD kısa sürede dünya ekonomisine hakim olmuştur.

II. Dünya Savaşından sonra, Japonya 'da Toyota Motor İşletmesinden Eiji Toyoda ve Taiiclıi Ohno yalın üretim kavramına öncülük ettiler: Diğer Japon şirket ve endüstrilerinin de bu olağanüstü sistemi kopya etmeleri üzerine Japonya, kısa zamanda bugünkü ekonomik üstünlüğüne ulaştı. Bu sistemde ilk ustalaşan şirketler Japonya toplanmıştır. Sonrasında Yalın üretim, Japonların himayesi altında Kuzey Amerika ve Batı Avrupa 'da da yayılmaya başlamıştır. 1980'li yıllardan itibaren dünya genelinde, sanayide yalın üretim sistemine geçiş için yoğun çalışmalar devam etmektedir.

2. Yalın Üretim Sistemleri

Yalın Üretim, ürün ve hizmet yaratma sürecini israflardan arındırıp sadeleştirerek sunulan değeri mükemmelleştirmek ve bu yolla firma karlılığını arttırmak amacını taşıyan kavram, sistem ve teknikler bütünüdür. Yalın üretim sadece birkaç yöntem ile uygulanabilecek bir çalışma olmadığı gibi, çok kısa sürede de hayata geçirebilecek bir sistem de değildir. Yöntemler, ilkeler, öğeler ve teknikler itina ile kullanılmalıdır.

Womack ve Jones,. israfı azaltmak için problem çözme yaklaşımını yalın ilkeler olarak adlandırmış ve şöyle sıralamışlardır (Womack veJones., 1996).

- İsraf değer yaratmayan her şeydir. Değeri ürünü en son kullanan kişi belirler ve bu değeri belirlerken ürünün fiyatını ve servisi düşünür. Müşteri ile açık bir iletişim sağlanabilinirse o zaman tarafsız bir değer belirlenebilir.
- Değer akış belirleme müşteriye ulaşana kadar belli spesifikasyonları sağlamak için gereken eylemlerin değerlendirmesidir. Womack bunun için 3 görev tanımlamıştır. Problem çözme, bilgi yönetimi, fiziksel dönüşüm görevleri.
- Akış, değer akışı boyunca etkileşimler ile ilişkilidir.
- Çekme, tam zamanlı üretim sistemin bir uygulamasıdır. Ancak burada değer akışının bir sürücüsü rolündedir.
- Mükemmellik. Bir şeyler kötü gitmeye başladığında ani ve çabuk bir şekilde cevap verebilmektir. Mükemmelliği yakalamak için temel olarak gözüken sorunlara kalıcı çözüm getiren yaklaşımları benimsemek gereklidir.

Karlsson ve Ahlstrom, 1996 yılında, çalışmalarında geliştirdikleri modelde bir imalat şirketinin işlevsel alanlarında yalın üretimin faktörlerini göstermişlerdir. Bu model uluslar arası mekanik ve elektronik ofis gereçleri üreten firmalarda denenmiştir. Yalın üretim uygulayan bir şirketin dört temel öğesi ile özel teknikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Yalın Sınıflandırma

Öğeler	Teknikler
Yalın Gelişim	Tedarikçi ilişkisi, Çapraz fonksiyonel takımlar, Eş zamanlı mühendislik, Koordinasyonun sağlanması, Stratejik yönetim, black-box mühendislik
Yalın Tedarik	Tedarikçi hiyerarşileri, Az tedarikçiden daha geniş alt sistemler
Yalın İmalat	İsrafın azaltılması, Sürekli Gelişme, Çok fonksiyonlu takımlar, Düşey bilgi sistemi, Dağılmış sorumluluklar, İtme yerine çekme
Yalın Dağıtım	Yalın arabellek (proje yönetimi), Müşteri ilişkileri, Saldırgan pazarlama

Bu aşamadan sonra yalın üretimi benimsemiş firmalarda gelişmenin ölçüsü üzerinde ölçüm yapılabilecek sınıflar belirlenmiştir; israfların azaltılması, sürekli gelişme, sıfır hata, just-in-time, çekme sistemi, çok amaçlı takımlar, dağıtılmış sorumluluk, bütünleşik fonksiyonlar, düşey bilgi akışı. Bu sınıflandırmanın altında da ölçülebilen alt birimleri ve bu her bir alt birimin yalın üretim için ne tür bir yönde (artmalı, azaltılmalı vb) olması gerektiğini göstermişlerdir (Karlsson vd., 1996).

Jenner, 1988 de yayınlanan çalışmasında, yalın üretimin insan ile ilişkilendirilmesi üzerinde durmuştur Jenner'dan önce yapılan araştırmalar yalın üretimin teknik özellikleriyle daha çok ilgilenmişlerdir. Jenner, "yalın üretimin başarısı esneklik, yaratıcılık uygulamaları ve organizasyona uyarlanan yapıdan kaynaklanır" diyerek yeni bir bakış açısı yakalamıştır. İnsan unsurunu içine alan bu bakış açısıyla yalın üretimde başarı sağlamanın yolunun şu yedi İlke ile daha ileriye gideceğini vurgulamıştır(Jenner, 1998)..

1- Gerekli çeşitlilik. (değişken durumlara adaptasyon)
2- Esnek birimler. (hücresel imalat gibi)
3- İletişim genişletme. (dışarıdan gelecek bilgi akışını genişletmek)
4- Dış odaklılık. (dış değişikliklere karşı yeteneklerin kullanımı)
5- Direkt yetki. (kişiye veya takıma en geniş yetkilerin verilmesi)
6- Yükseltme. (sorunu parçalara ayırıp farklı bölümlerde çözümler aramak)
7- Sınırlandırılmış kaos. (insanları düşüncelerini test etme konusunda serbest bırakmak)

Lewis, 2000 yılında yayınlanan çalışmasında, yalın üretimi "işlem" ve "sonuç" olarak ayırt etmiştir. "sonuç"ların tedarikçiler ve müşterilerden etkileneceğini ve "işlem"inde şu üç ilke ile oluşturulacağını belirtmiştir.

1- Akış. (Malzeme ve bilginin akışının geliştirilmesi)
2- Çekme. (Müşterinin Çekme sistemine etkisi)
3- Sürekli gelişme. (çalışanların eğitimi ile sağlanan çalışanın gelişmesi ve bu sayede işte gelişme)

Lewis bu çalışmasında farklı ülkelerde bulunan üç farklı tedarik firmasını beş yıl süre ile gözlemlemiş ve bu firmaların ortak özelliklerinin içlerinde bulundukları zor koşullardan yalın üretim ile sıyrıldıklarını ve başarıya ulaştıklarını belirtmiştir. Lewis çalışmasında öncelikle yalın teknikleri sonra yönetimi firmalarla karşılaştırmış sonrasında da yalın üretimin hedefleri ile iş gücünün yeteneklerini birleştirmiştir. Firmaların kendi içlerinde yalın üretimi düşünmesini diğer firmaları

örnek almanın mantıklı olmadığını ve "her firma kendine has özelliklere sahiptir" anlayışı ile yalınlıkta başarı sağlanacağını bu üç örnek firma üzerinde göstermiştir (Lewis, ,2000).

Shah ve Ward, 2003 yılında yaptıkları çalışmalarında, fabrika büyüklüğü, fabrika yaşı ve sendikalaşma faktörlerinin etkinliğini, yalın üretimin 22 tekniği üzerinde incelemişlerdir. Bu teknikler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo.2. Yalın Üretim Teknikleri

Öğeler	Teknikler
TZÜ	Lot-size azaltma Sürekli akan üretim Çekme sistemi Hücresel üretim Çevrim zamanı azaltma Fabrika üretim sistemi odaklılık Çevik üretim stratejileri Hızlı değişiklik teknikleri Darboğaz ve kısıtları uzaklaştırma Yeniden işlenebilirlik
Toplam Üretken Bakım	Önleyici veya koruyucu bakım Bakım Optimizasyonu Güvenlik geliştirici programlar Planlanmış ve çizelgelenmiş stratejiler Yeni işlem ekipmanları
Toplam Kalite Yönetimi	Rekabetçi değerlendirme Kalite yönetim programları Kalite sistemleri İşlem yetenek ölçümleri Resmi sürekli gelişme programları
İnsan Kaynakları Yönetimi	Yönlendirilmiş çalışma takımları Çapraz fonksiyonel yapı

Pavnaskar ve diğerleri, 2003 yılında yaptıkları çalışmalarında bir sınıflandırma planı önermişlerdir. Bu sınıflandırma planının ana amacı, yalın üretim araçlarının işletme içinde hangi sınıflandırma seviyesinde kullanılabileceğini görmek ve böylece işletmeleri için uygun araç seçimini yapabilecek olmalarıdır. Bu seviyeler ve öğeler Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3 : Sınıflandırma Planı Seviyesi ve Öğeleri

Sınıflandırma seviyeleri	Seviye öğeleri
Sistem	Şirket, Tedarik zinciri, Fabrika, Üretim hattı, Hücre, İş
Nesne	Hammadde, Yarı mamul, Nihai ürün
Operasyon	İşlem, Denetim, Taşıma, Depolama
Etkinlik	Yönetim, Performans
Kaynak	Bilgi, Zaman, Para, Alan, İnsanlar, Makinalar, Materyal, Üretim araçları
Özellik	Düşük moral, Güçsüzlük, Etkisizlik, Güvenilmezlik
Uygulama	İsraf tanımlama, İsraf ölçme, İsraf azaltma

Bu sınıflandırma planı israfın tipi üzerinde hangi araçların etkili olacağını, ne zaman uygulanacağını ve nerede uygulanacağı gibi sorulara cevap olacak, aynı zamanda işletmelere yalın üretim araçlarının hızlı bir şekilde öğrenilmesini sağlayacaktır. Pavnaskar ve diğerleri, bu çalışmalarında aslında 101 yalın üretim aracının gösterilebileceğini söylemişlerdir, ancak 5 tanesi için bu sınıflandırma planını kullanmışlardır. Kullandıkları bu araçlar, hücresel yerleşim, tesis yerleşim diyagramları, iş yükü dengeleme, 6 sigma ve değer akış haritalandırmadır. Bu araçların kullanılma sebebi ise yaptıkları bu sınıflandırma planının geçerliliğini göstermek içindir (Pavnaskar vd., 2003).

Baines ve diğerleri, 2006 yılında yaptıkları çalışmalarında, yalın uygulamaları, ürün tasarımı, mühendislik ve gelişme yönlerinden incelemek için yoğun bir literatür araştırmasına girişmişlerdir. Bu araştırmalarını yaparken yeni ürün girişi için yazılmış araştırmaların diğer araştırmalara göre daha yeni ve sayıca az olduklarını fark etmişlerdir. Banies ve diğerleri, bu çalışmalarının sonucunda şu bulguları edinmişlerdir. Yalın üretimin tanımı daha önceleri israfı azaltan bir felsefe yaklaşımı gibi görülürken günümüzde artık değer yaratan bir anlayış olarak görülmektedir. Yalın üretim bugünlerde ürün tasarımı, mühendislik ve uzay bilimlerinde kullanılmaktadır. Ürün tasarımı işlemindeki "değer", üretim işlemlerindeki "değer" ile aynı ihtiyaçlara gerek duymamaktadır. Minimum tasarım ve çoklu alt sistemlerin alternatiflerinin değerlendirilmesi ile eşzamanlı mühendislik uygulamalarının Toyota yaklaşımı, yalın tasarım için etkinlik sağlamaktadır. Yalınlığın benimsenmesi güçlü bir liderliğin benimsenmesi ile sağlanmaktadır. Yalınlıkta gerçek başarılı uygulamalar organizasyonun tüm birimlerinde değişiklik sağlanmasıyla sağlanılabilir. Baines ve diğerlerinin bu bulguları bize yalın üretimin nerede olduğunu anlamamızda yardımcı olacaktır (Banies ve diğerleri, 2006).

Ward ve Zhou, 2006 yılında yaptıkları çalışmalarında bilgi teknolojisi entegrasyonunun Yalın/TZU sistemlerinin uygulamalarını nasıl etkileyeceğini ve bu sayede müşteri tedarik zamanının nasıl etkileneceğini göstermişlerdir. 769 imalat şirketinden 1999 yılında alınan verileri kullanarak yaptıkları analiz sonucu bilgi teknolojisi entegrasyonunun müşteri tedarik zamanı üzerinde göreli katkı sağladığını ve şu bulgulara ulaştıklarını belirtmektedirler.

1- Etkin Yalın/TZU uygulamalarının müşteri tedarik zamanını önemli ölçüde azaltmaktadır.
2- Firmalar arası bilgi teknolojisi entegrasyonu ve firma içi bilgi teknolojisi entegrasyonunun tedarik zamanı indirgeme üzerindeki etkisi tamamen Yalın/TZU uygulamalarına arabuluculuk etmesindendir.
3- Firmalar arası bilgi teknolojisi entegrasyonu ve firma içi bilgi teknolojisi entegrasyonu Yalın/TZU uygulamalarının kullanımı ve yürütülmesini kolaylaştırmaktadır.
4- Firmalar arası bilgi teknolojisi entegrasyonu ve firma içi bilgi teknolojisi entegrasyonu önemli ölçüde birbirleriyle ilişkilidir.

Braglia vd, 2006 yılında yayınlanan çalışmalarında "Geliştirilmiş değer akış haritalandırma" yöntemini ortaya koymuşlardır. Değer akış haritalandırma yalın uygulamalarda en iyi anahtarlardan biridir. Doğrusal sistemlere uygulanabilir olurken, karmaşık sistemlere uygulamaları düzgün çalışmamaktadır. Bu nedenle Braglia ve diğerleri "geliştirilmiş değer akış haritalandırma" adı verdikleri bir sistem öne sürmüşlerdir. Bu sistem özellikle karmaşık işlem yürüten sistemler için değer akış haritalandırma konusunda yardımcı olacaktır. Bu yeni sistemin faydalarını da şu şekilde sıralamışlardır:

1- Karmaşık üretim işlemlerinin anahtar öğelerini seçmek için ve tüm değer akışının optimal analizinin gerçekleştirilmesi için bir yapı yolu sunar.
2- Özdeş olmayan dağıtım ile çoklu üretimi işlemede başarı sağlar.
3- Çok yönlü seviyeler(çoklu akış) ile karışık malzeme fiyatlarını işlemede başarı sağlar.

Treville ve Antonakis, 2006 yılında yaptıkları çalışmalarında yalın üretimin işçi motivasyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. İşçi motivasyonu da yalın üretimi etkileyecektir. Birbirleriyle bu kadar yakından ilişkili olan bu iki öğe, daha önce yapılan çalışmaların incelenmesi ile şu önemli bulguların açığa çıkarılmasını sağlamıştır.

1- Problem çözmeye katılan, eğitimle desteklenen ve iş rotasyonu gören işçilerin becerilerindeki çeşitlilik yalın üretim ile artacaktır.
2- Yalın üretim ile beceri çeşitliliği arasındaki ilişki aşırı yalınlık ile ölçeklendirilebilinir. Öyle ki yalınlık aşırıya kaçtığında bu ilişki negatife doğru gidecektir.
3- İşçinin nihai ürün için yaptığı katkıyı görebilmesi yalın üretimi pozitif yönde etkileyecektir.

4- Görevin anlamı veya önemi yalın üretim ile ilişkilendirilemez.
5- Yardımcı işçi veya işlemden gelen geri-besleme yarlın üretim ile pozitif ilişkilidir.
6- İşlem veya zamanlama üzerindeki işçinin keyfi seçimi yalın üretim ile negatif ilişkilidir.
7- İşçiler, prosedür gelişimine aktif olarak katıldıkları ve sorumluluk, karar verme yetkisi aldıkları zaman yalın üretimi pozitif yönde etkilerler.
8- Bu aktif katılım ve karar verme aşırıya kaçtığında yalın üretim negatif yönde etkilenecektir.
9- İşçinin, iş özelliklerini anlama kabiliyeti ile işe katkısı arasındaki ilişki, görev etkinliğinin psikolojik bakış açısından birbirleriyle bağıntılıdır.
10- İş kolaylaştırma ile yalın üretim pozitif yönde etkilenir.
11- İş kolaylaştırma aşırıya kaçarsa yalın üretim negatif yönde etkilenir.
12- İşçinin, işin ana özelliklerini anlama kabiliyeti ile psikolojik durumları, işletmenin büyüme ihtiyacı yönünden ilişkilendirilemez.
13- İşçi katkısındaki değişkenlik üzerine, düzenli grup modellerinin kullanımı, eklenerek veya tam artan grup modellerinin kullanımından daha etkili olacaktır.
14- Yalın üretimin iş özelliklerinin ideal yapılanması işçinin fabrika içi motivasyonunu pozitif yönde etkileyecektir.

Singh vd., 2006 yılında yaptıkları çalışmalarında bulanık mantık ile israfların azaltılması yönünde büyük önem taşıyan değer akış haritalandırmasını ilişkilendirerek mikro düzeyde israfların bulanabileceği bir metot geliştirmişlerdir. Bu metoda göre önce israflar ile değer akış haritalandırma yönteminde kullanılacak araçlar tespit edilmelidir. Döküm bölümünde yaptıkları örnek çalışma için tanımladıkları araçlar ve israflar Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4.. İsraflar ve Değer Akış Haritası Araçları

İsraflar	Değer akış haritası araçları
Aşırı üretim	İşlem etkinlik haritası
Bekleme	Tedarik zinciri tepki matrisi
Taşıma	Üretim değişkenliği hunisi
Uygunsuz işlem	Kalite filtre haritası
Gereksiz envanter	Talep büyütme haritası
Gereksiz hareket	Karar noktası analizi
Kusurlar	Fiziksel yapı haritası
Enerji	Değer analizi zaman profili
Uygunsuz tasarım	Tüm tedarik zinciri etkinlik haritası
İnsan faktörü	Tedarik zinciri ilişki haritası

3. Yalın Üretim Uygulaması

Traktör farları üreten bir firmada yalın üretim uygulaması gerçekleştirilmiştir.Firma parti tipi üretim sistemi kullanmaktadır. Üretimde daha verimli olmak, israflarını azaltmak ve müşteri taleplerine hızlı cevap verebilmek için yalın üretim faaliyetlerine geçmeyi planlamaktadır.Öncelikle firmada mevcut durum değerlendirilmiş ve yalın üretim tekniklerinden değer akış haritalandırma çalışması kullanılarak öneriler getirilmiştir.

3.1. Değer Akış Haritalandırma Çalışması

Toyota'da , "Malzeme ve Bilgi Akışı Haritalama" olarak isimlendirilen yöntem yalın sistemleri kurmak için uygulama planları geliştirme sürecinde mevcut ve gelecek, veya "ideal" durumları göstermek için kullanılmaktaydı. Toyota'da "değer akışı" terimi çok yaygın olmasa da, akışı yaratmaya, israfları ortadan kaldırmaya ve değer yaratmaya büyük önem verilmekteydi. Toyota çalışanları üretimde 3 akışı öğrenmekteydi: malzeme akışı, bilgi akışı ve insan/proses akışı. Değer Akışı haritalama metodu, bu akışlardan ilk ikisini içermekte ve Toyota tarafından kullanılan Malzeme ve Bilgi Akışı Haritalarını temel almaktadır.

Değer akışı, her ürün için esas olan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin bütünüdür. Her ürün için geçerli olan ana akışlar şunlardır. Ham maddeden müşteriye üretim akışı, kavramdan kuruluma tasarım akışı (ürün geliştirme süreci). Hammaddeden müşteriye üretim akışı genellikle yalın üretim ile ilişkilendirilir ve burası yalın tekniklerin uygulanmaya çalışıldığı alandır.

Değer akışı bakış açısı, yalnızca tek tek prosesler üzerinde değil büyük resim üzerinde çalışmak ve sadece parçaları değil bütünü iyileştirmek demektir. Eğer gerçekten bütüne bakar ve ham maddeden müşteriye tüm yolları izlenir ise, birçok işletmeden, firmadan geçen bir değer akışının takip edilmesi gerekecektir.

Değer akışı haritalama, ürünün geçtiği değer akışı boyunca oluşan malzeme ve bilgi akışının görülmesine ve anlaşılmasına yardımcı olan bir "kağıt kalem" tekniğidir. Değer akışı haritalama ile anlatılmak istenen çok basit bir şeydir; müşteriden tedarikçiye ürünün üretim yolunu izle, malzeme ve bilgi akışında yer alan her prosesi dikkatli bir şekilde sembollerle çiz. Daha sonra, bir dizi kritik anahtar soru sorarak akışın nasıl akması gerektiğini gösteren "gelecek durum" haritasını çiz.

Değer Akışı Haritalama Neden Gerekli Bir Araçtır?

Üretimdeki tek bir prosesten, montaj, kaynak vb., daha fazlasının görülmesine yardım eder. Akış görülebilir.

İsraftan daha fazlasının görülmesini sağlar. Haritalama, değer akış yollarındaki israf kaynaklarının görülmesine de yardımcı olur.

Üretim prosesleri ile ilgili ortak bir konuşma dilinin oluşmasını sağlar.

Akışla ilgili kararlar görünür olduğu için tartışılabilinir. Aksi taktirde, sahada alınan bir çok kararlar ve detaylar hatalı olabilir.

Yalın kavramlar ile teknikleri birbirine bağlar.

Uygulama planı için temel oluşturur. Değer akışı haritaları, "kapıdan-kapıya" bütün akışın nasıl işleyeceğinin tasarlanmasına yardım ederek – ki birçok yalınlaşma çalışmasında eksik olan parça budur- yalın uygulama için birer plan oluştururlar.

Bilgi akışları ve malzeme akışları arasındaki ilişkiyi gösterir. Başka hiçbir araç bunu yapamaz.

Katma değer yaratmayan adımlar, temin süresi, kat edilen mesafe, stok seviyesi gibi sayısal değerler üreten birçok nicel teknikten ve yerleşim planları hazırlamaktan zırlamaktan daha faydalı bir tekniktir. Değer akışı haritalama, akışı yaratmak için işletmenin nasıl çalıştırılması gerektiğini çok detaylı bir şekilde tanımlanmasını sağlayan nitel bir araçtır. Rakamlar aciliyet hissi yaratmak veya önce/sonra ölçümleri için iyidir. Değer akış haritalama ise o rakamları değiştirmek için nelerin yapılması gerektiğini tanımlamak için iyidir.

Değer akışında değişiklikler planlanıyor ise, öncelikle gelecek durum haritası çizilmelidir. Eğer yeni bir üretim prosesi tasarlanıyor ise, öncelikle değer akışının gelecek durum haritası çizilmelidir. Yeni bir çizelgeleme sistemi düşünülüyor ise, gene gelecek durum çizilmelidir. Üretim yöneticileri mi değişecek? Etkin bir görev değişikliği sağlamak ve uygulamaların devamlılığını garantiye almak için değer akışı haritaları kullanılmalıdır.

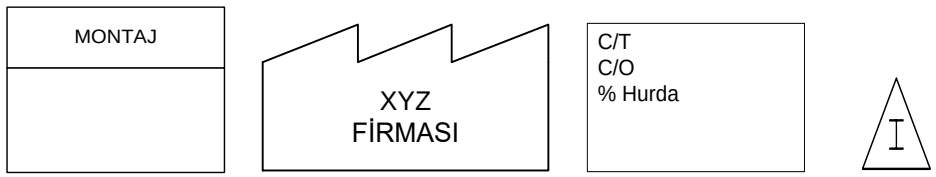
Üretim akışı içinde, ilk akla gelen akış fabrika içindeki malzeme hareketidir. Fakat, her prosese daha sonra ne yapacağını söyleyen başka bir akış daha vardır: Bilgi akışı. Malzeme ve bilgi akışı aynı paranın iki yüzüdür. Her ikisinin de haritalanması gerekir.

Yalın üretimde, bilgi akışı da malzeme akışı ile aynı öneme sahiptir. Toyota ve tedarikçileri, kitle üreticiler ile aynı temel malzeme dönüşüm proseslerini, pres/kaynak/montaj gibi, kullanabilirler, fakat, Toyota fabrikaları üretimlerini kitle üreticilerinden oldukça farklı düzenlerler. Önemli olan şudur. "Bir prosesin yalnızca bir sonraki prosesin istediği şeyi, istediği zaman üretmesi

için bilgi nasıl aktarılmalıdır? Müşteriler tüm ürünler ile değil kendi spesifik ürünleri ile ilgilenirler. Bu nedenle, üretim alanından geçen her şeyi haritalandırmamız gerekmez. Küçük ve tek ürünlü bir fabrika olmadıkça, bütün ürün akışlarını tek bir haritada göstermek oldukça karmaşık olacaktır. Değer akışı haritalama, tek bir ürün ailesi için, fabrika içinde kapıdan-kapıya, proses adımları (malzeme ve bilgi) boyunca yürümek ve onları çizmek demektir.

Bir ürün ailesi, benzer proses adımlarından geçen ve özellikle üretimin son aşamalarındaki proseslerde ortak ekipman kullanan ürünler grubudur. Genel olarak, partiler halinde birçok ürün ailesine hizmet eden ve üretimin ilk aşamalarında yer alan proseslere bakarak ürün aileleri tanımlanabilir.

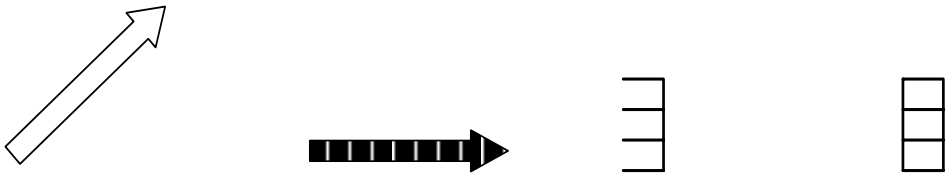
Değer akış haritalandırmada kullanılan birkaç sembol Şekil 1' de verilmiştir.



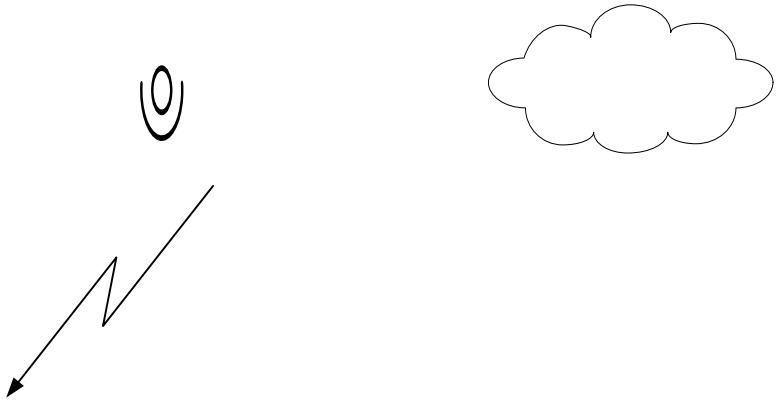
Üretim prosesi Dış Kaynaklar Bilgi kutusu stok



Sevkiyat çeşitleri



Bitmiş ürün hareketi İtme oku süpermarket emniyet stoğu



Operatör kaizen iyileştirme elektronik bilgi akışı



Şekil 1. Değer Akış Haritalandırma Sembolleri

3.2. Takt Zamanı

"Takt" tempo, hız anlamına gelen Almanca bir sözcüktür. Takt zamanı prosesin üretim ritmini satış ritmine göre ayarlamak üzere kullanılan referans ölçüdür.

Takt zamanı üretim hızını satış hızı ile senkronize etmede kullanılır.

$$takt_zamanı = \frac{\text{var}diyada_kullanıull_iş_zamanı}{\text{var}diya_ba\sin a_musteri_talep_miktarı}$$

Örneğin bir işletmede bir vardiya için 27600 saniye kullanıldığını ver her gün içinde 690 adet müşteri talebi söz konusu olduğu varsayılsın. Böylelikle takt zamanı;

$$takt_zamanı = \frac{27600saniye}{690a\det} = 40saniye$$

Bunun anlamı müşteri bu ürünü her 40 saniyede bir satın almaktadır.

Takt zamanının anlamı fiili üretim hızını belirlemek olduğundan, günlük ya da haftalık satışları bu sürede çalışılan vardiya sayısına bölerek vardiya başına gereken miktar hesaplanmalıdır.

Vardiya başına talep hesaplandıktan sonra geriye "kullanılabilir vardiya zamanı"nı (veya efektif vardiya zamanı) hesaplamak kalır. Vardiya başlangıç ve bitiş zamanı arasındaki süreden molalar, toplantılar vb. zamanlar çıkarılarak bulunur. Ancak efektif vardiya süresini hesaplarken planlanmamış makine duruşlarını, model değiştirme sürelerini veya diğer problemler için kullanılan herhangi bir süre düşürülmemelidir.

Çevrim zamanı, bitmiş ürünün hücrenin sonuna ne sıklıkta geldiğini ifade eder. Genellikle proseslerin çevrim zamanının takt zamanından daha hızlı olduğu görülür. Örneğin işletme 3 vardiya çalışmakta ise, herhangi bir makina ya da malzeme problemine karşı emniyet zamanı olmadığından daima takt zamanından daha kısa çevrim zamanına ihtiyaç olacaktır. Üretimde bu tür problemler de az ya da çok hep olmaktadır. Bununla birlikte, sürekli olarak takt zamanından daha kısa çevrim zamanı ile çalışmakta olan işletme, aşırı üretim ihtimalini arttırdığını ve muhtemelen fazladan operatör kullanmakta olduğunu fark edemeyebilir. Daha da kötüsü bu şekilde imalat problemleri gizlenmiş olmakta ve bu problemlerin nedenlerini bularak yok etme zorunluluğu azalmaktadır.

3.3. Değer Akış Haritası

Firmanın ürettiği ürünlerden farlar için ampul tutucu üretimi için ürün ailesi seçilmiştir.Bu ürünler müşteri memnuniyeti anlamında kritik öneme sahiptir. Ürünler üç yıldır aralıksız üretilmekte olup yaklaşık 2 yıl daha devam edeceği tahmin edilmektedir. Yurtiçi yıllık ampul tutucu üretimi 549600 çift (sol ve sağ) tir. Türkiye'de tekel konumunda olan tedarikçilerden biri siparişlerini en az üç ay önceden istemekte ve istenilen güne tedarik garantisi verememektedir. Diğer tedarikçi boş dönüş kamyonu olmadığı sürece plastik hammaddeyi göndermemektedir, bu durum tarihi bilinmeyen beklemelere neden olmaktadır.

Müşteri İstekleri

- Ayda 45800 çift ampul tutucu
- En fazla 60 çift içeren plastik kutular
- Haftada 2 sefer teslimat (pazartesi ve perşembe)
- Haftalık sipariş verilir

Üretim Prosesleri

- Firmada ampul tutucu pres bölümünde şase üretimiyle başlar. Otomatik pres makinası ile üretim yapılmaktadır. Kontrol göz ile yapılmaktadır. Alüminyum levhalar Ereğli Demir Çelik'ten temin edilmektedir. Temin süresi 3 aydır.
- Kontakt üretimi kontakt-yay makinasında yapılmaktadır. Kontrol her parça için yapılmamakta belirli zamanlarda göz ile kontrol yapılmaktadır. Çelik şerit Ereğli Demir Çelikten temin edilmektedir. Temin süresi 1 aydır.

- Plastik kısımlar, plastik enjeksiyon bölümünde yapılmaktadır. Kontrol elektronik kontrol tezgahlarında ve göz ile yapılmaktadır. Plastik hammaddenin temin süresi 1 aydır. Kontakt yay bölümünden kontaktlar ve pres bölümünden şaseler alına alınarak, plastik enjeksiyon bölümünde montaj işlemi de yapılmaktadır. Bitmiş ürünlerin haftada 2 sefer sevkiyatı yapılmaktadır.

Çalışma Süresi

- Ayda 22 iş günü.
- Tüm üretim departmanlarında tek vardiya çalışılır.
- Vardiyada 8 saat çalışılır.
- Vardiyalarda 2 sefer 10 dk mola verilir.

Proses Bilgileri

Kontakt-yay : 1 operatör

Çevrim süresi 0.8 sn

Model değişim süresi 2 saat

Makina güvenilirliği %92

Gözlenen stok

İşlemden önce 45 günlük

İşlemden sonra 4,8 günlük

Pres : 2 operatör

Çevrim süresi 9 sn

Model değişim süresi 2 saat

Makina güvenilirliği %90

Gözlenen stok

İşlemden önce 131 günlük

İşlemden sonra 4,6 günlük

Plastik enjeksiyon : 13 operatör

Çevrim süresi 12,3 sn

Model değişim süresi 1 saat

Makina Güvenilirliği %88

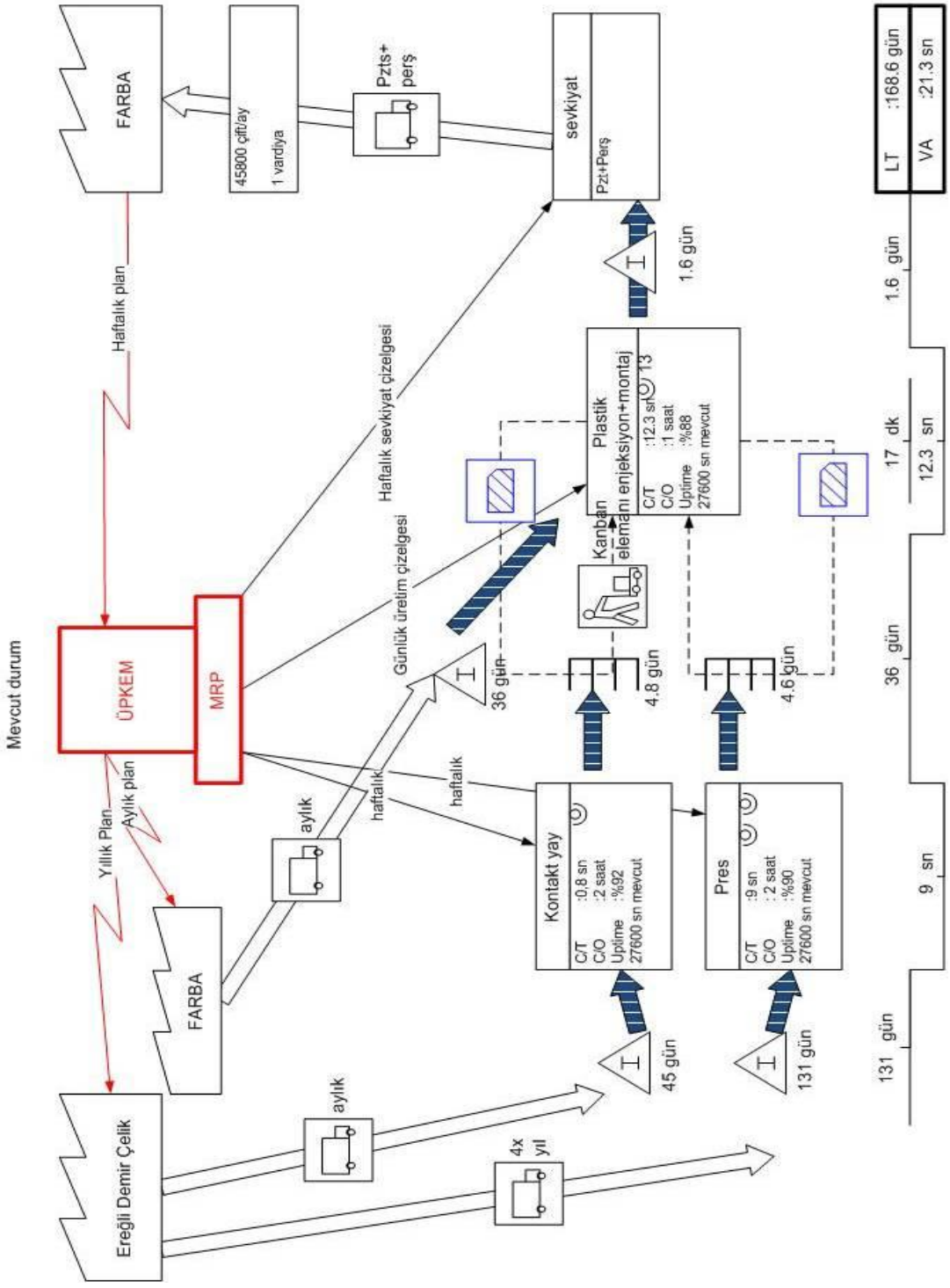
Gözlenen stok

İşlemden önce 36 günlük

İşlemden sonra 1.6 günlük

Bu şartlar altında mevcut durum haritası Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Mevcut Durum



3.4. Gelecek Durum

Mevcut durum haritasında üretim akış süresi 168,6 gün ve işlem süresi 21,3 sn dir. Akış süresinin bu denli fazla olmasının sebebi hammadde stok alanında bulundurulan stok miktarının fazla olmasıdır. Ereğli Demir Çelik Fabrikasından yapılan hammadde alımı temin süresi 3 ay

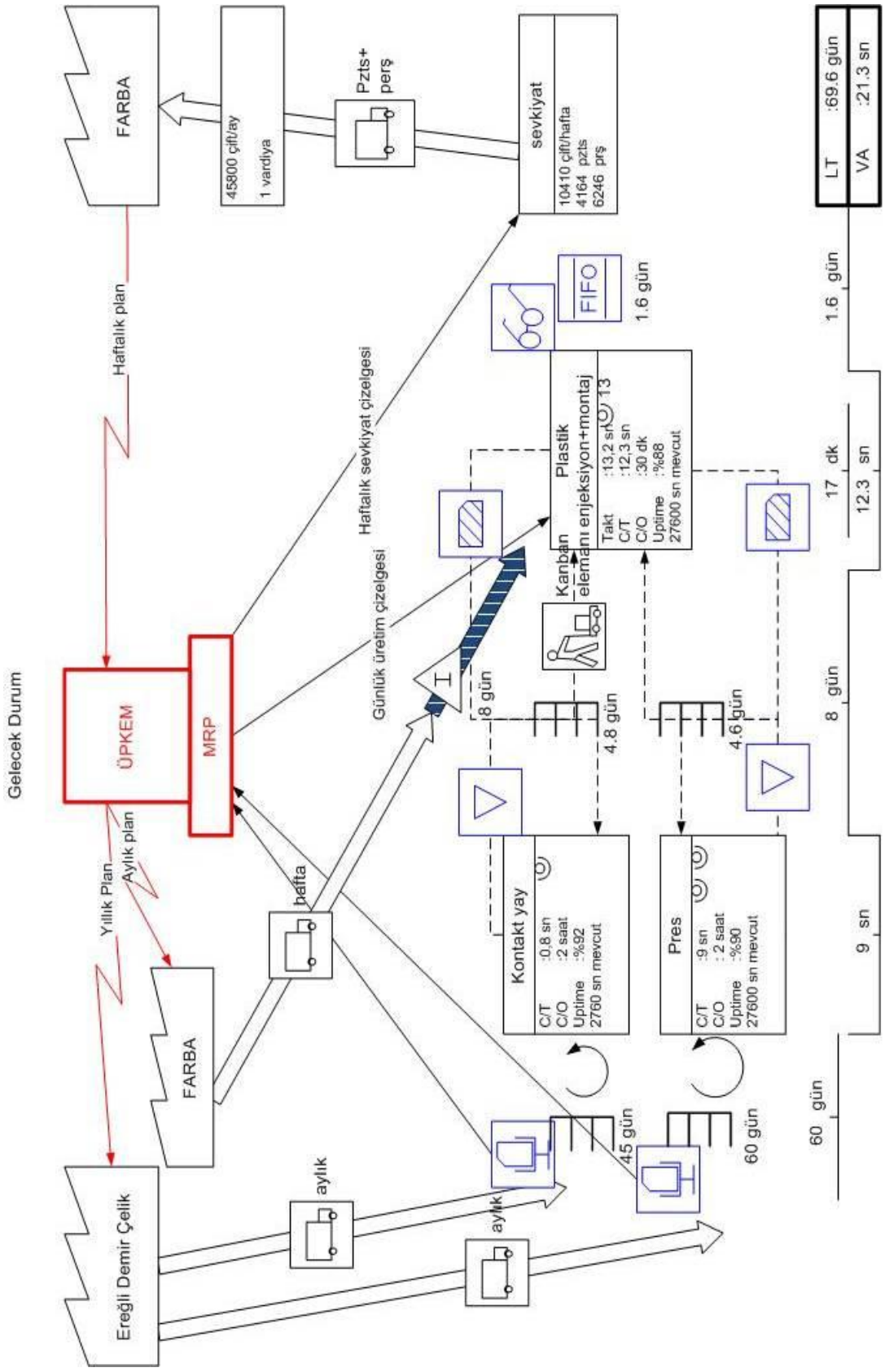
civarındadır ve firma siparişlerini 3 ay öncesinden vermek durumundadır. Gelecek durum haritasında hammadde stok miktarlarını azaltmak için her ay Ereğli Demir Çelik Fabrikasına 3 ay sonraki siparişler iletilebilirse stok miktarı da düşecektir. Tahmini pres öncesi birikmiş stok 60 gün olacaktır. Kontakt-Yay siparişi için henüz bir şey yapılmayacaktır. Ancak Pres ve Kontakt-Yay proseslerinin stoktan her hammadde çekişlerinde çekilen miktarları ve zamanı ÜPKEM'e bildirebilecek kanban kutuları konulacaktır. Kanban kutuları Üretim Planlamaya sipariş öncesi planlamada tutarlılık açısından bilgi vermek maksadıyla kullanılacaktır.

Pres ve Kontakt-Yay prosesleri sonrası kanban alanı görünmesine rağmen tam olarak kanban gibi işlememektedir. Bu bölümler üretim planlamadan haftalık üretim planları almaktadırlar. Plastik Enjeksiyon bölümü pacemaker proses olarak tanımlanır ise günlük üretim çizelgesi gönderilen plastik enjeksiyon kanban alanını kullanarak kendinden önceki proseslere üretim emri gönderebilecektir. Böylece Pres ve Kontakt-Yay prosesleri için çizelgeleme yapmak durumunda kalınmayacaktır. Ancak Pres ve Kontakt-yay proseslerin model değişim süreleri 2 saat civarı olduğundan plastic enjeksiyon bölümünün siparişlerini gün içi temin etmesi beklenemeyecektir. Bir çözüm kanban alanında sinyal kanban kullanmak olacaktır. Sinyal kanban, kanban alanında belli ürün sayısının üretim seviyesine düştüğünde Pres ve Kontakt-Yay proseslerine üretim emri göndererek üretimin başlamasını sağlayacaktır.

Tedarikçi firmadan alınan siparişler haftalık olarak perşembe günleri gönderilen ürünleri teslim eden kamyonla haftalık olarak alınacak ve oradaki stok miktarı da 8 güne kadar düşecektir. Sevkiyat alanındaki stok miktarı da her gün akşam kontrol edilecek ve Plastik Enjeksiyon için daha sağlıklı üretim çizelgeleri oluşturulacaktır..

Plastik enjeksiyonda yapılacak model değişimi için birkaç iyileştirme model değişim süresini 30 dk civarına indirecektir. Sevkiyat alanında FIFO uygulanacaktır. Bu iyileştirmeler ileriki bölümlerde sunulacaktır. Tablo 6'da gelecek durum haritası göverilmiştir.

Tablo 6. Gelecek Durum



4. Sonuç

Yalın üretim, kitle üretim anlayışına radikal savaş açmış; kaliteli, ihtiyaç kadar üretimin yapılması fikri benimsenmiştir. Bu ise yalın üretim teknikleri sayesinde mümkün olmuştur. Yalın üretim sanıldığı kadar uygulaması zor bir yöntem değildir. Sistemin en hassas noktası, bütün yalın üretim tekniklerinin birbirine bağlı olmasıdır. Tam zamanında, stoksuz üretim için kanban sistemi uygulanır. Ancak bu sistemin uygulanması için hatasız, gecikmesiz malzemeye ihtiyaç vardır. Hatasız ürün üretmek için poke-yoke, toplam üretken bakımın da iyi bir şekilde uygulanması gerekir. Aynı şekilde gecikmesiz malzeme temini için tek parça akış sisteminin oturtulması lazımdır. Bu da ancak makinalar/atölyeler arası senkronizasyon ile mümkündür ki bu da U-hatları, iş rotasyonu gibi tekniklerin uygulanmasıyla sağlanır.

Yapılan çalışmada, traktör farları üreten bir firmada yalın üretim sistemi uygulaması yapılarak, israfları azaltacak, verimliliği artıracak ve sürekliliği sağlayacak yönler üzerinde durulmuştur. Bu bağlamda yapılan değer akış haritalandırma en çok rağbet gören ampul tutucu ürün ailesi üzerinde yapılmış ve geliştirmeler için yalınlaştırma çalışmaları yapılmıştır. Mevcut sistem ve üzerindeki aksaklıklar üzerinde durularak, yeni sistem önerisi yapılmıştır.

Kaynakça

Baines,T., Lightfoot,H., Williams,G.M. ve Greenough,R. (2006). State-of-the-art in lean design engineering: A Literature Review On White Collar Lean. *Engineering Manufacture*, 220(B), 1540-1547.

Braglia, M., Carmignani,G. ve Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*, 44(18), 3929–3952.

Jenner, R. (1998). Dissipative enterprises, chaos, and the principles of lean organizations. *International Journal of Management Science*, 26(3), 397– 406.

Karlsson, C. ve Ählström, P. (1996). Assessing changes towards lean production. *International Journal of Operations and Production Management*, 2(16), 24– 41.

Lewis, M. (2000). Lean production and sustainable competitive advantage. International Journal of Operations and Production Management, 20(8), 959–978.

Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K. ve Jambekar, A. B. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal Of Production Research*, 41(13), 3075–3090.

Shah, R. ve Ward, P. (2003). Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21, 129–149.

Singh,R.K., Kumar,S., Choudhury,A.K., ve Tiwari,M.K. (2006), Lean tool selection in a die casting unit: a fuzzy-based decision support heuristic. *International Journal of Production Research,* 44(7), 1399–1429

Treville,S. ve Antonakis, J. (2006). Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. *Journal of Operations Management,* 24, 99–123

Ward.P ve Zhou.H. (2006). Impact of Information Technology Integration and Lean/Just-In-Time Practices on Lead-Time Performance. *Decision Sciences Institute*, 3(2).

Womack, J., ve Jones, D.(1996). *Lean Thinking*, Simon & Schuster, NY.

Tarımsal Mekanizasyon Alanında Mühendislik

Yunus IŞILDAR[1]
Recep Onur UZUN[2]

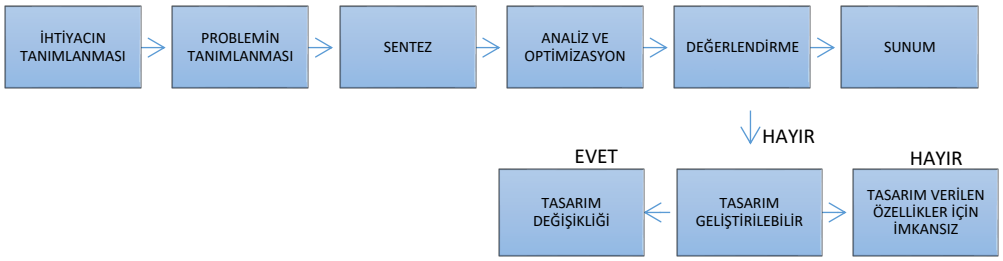
Mühendislik tasarımı

Tasarım, sözlük anlamı olarak kısaca düşünce, kavram ve bir probleme uygun çözüm bulmak olarak tanımlanabilir (Bozdemir, 2019). Birbiriyle bağlantılı birçok aşaması bulunan ve birçok kaynağın kullanımıyla bağlantılı tekrarlamalı bir süreçtir. Tasarım iletişimin sıklıkla kullanıldığı bir etkinliktir. İletişim yazılı, sözel veya görsel şekilde olabilmektedir. Tasarım, belirtilen bir gereksinime bağlı bir plan oluşturma veya belirli bir sorunu giderme eylemleridir (Budynas & Keith, 2015).

Cürgül ve ark. mühendislik tasarımını; teknik bir düzenekten beklenen görevlerin mutlak olarak belirtilmesi, uygulanacak fiziki ilkelerin belirlenmesi, bu ilkeleri destekleyen unsurların seçimi, bunların montaj ve teknik resimlerinin hazırlanmasını dahi kapsayan tüm süreçler şeklinde tanımlamışlardır. Karagözoğlu ise mühendislik tasarımını; teknolojinin toplum yararınca biçimlendirilmesi, bilinen yöntem ve sistemlerin topluma göre düzenlenip yaşam kalitelerini yükseltmek için çözümler bulmak olarak tanımlamıştır (Keskinkılıç, 2019).

Shigley bir ürünün tasarlanma prosesinin altı adımdan oluştuğunu belirtmiştir. Şekil 1' de tasarım prosesi adımları gösterilmektedir. Buna göre ihtiyacın tanımlanması aşamas ında, problemin farkına varılmakta ve bu probleme çözüm bulmak için harekete geçilmektedir. Problemin tanımlanması aşamasında esas durum objenin tasarımındaki teknik özelliklerdir. Obje tasarımındaki bu teknik özellikler, maliyet, kalite ve performansı gibi fiziksel ve işlevsel özellikleri kapsamaktadır. Sentez ve analiz adımları daha çok tasarım prosesiyle ilişkilidir. Tasarımcı tarafından bir parça ya da düzeneğin bütününde bir kavramsallaşma analiz konusuna dahil edilmektedir. Sentez, tasarımcının erişebildiği en uygun tasarıma kadar yinelenen adımlardır. Değerlendirme aşamasında, tasarımın problem tanımındaki teknik niteliklerine göre vaziyetin ölçülmesi gibi başlıklar yer almaktadır. Daha belirleyici açıklamak gerekirse bu aşamada fabrikasyon nitelikleri ve modellerin (prototiplerin) testleri yer almaktadır. Kalite, emniyet, dayanıklık, güvenlik vb. parametreler de bu aşamada dikkate alınmaktadır. Shigley' e göre tasarım prosesinin son aşaması tasarımın sunulmasıdır. Bu aşamada tasarıma ait teknik resimler, çizimler, malzeme özellikleri ve kataloglar ile ilgili bütün dokümantasyonlar yer almaktadır (Arslan, Özdemir & Akyüz, 2017).

[1] Yüksek Lisans Öğrencisi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine ve İmalat Anabilim Dalı, Manisa, Türkiye,
[2] Dr. Öğr. Üyesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Hasan Ferdi Turgutlu Teknoloji Fakültesi, Makine ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, Türkiye



Şekil 1. Shigley' in tasarım prosesi adımları (Arslan, Özdemir & Akyüz, 2017)

Tasarımda dikkate alınacak hususlar

Tasarım prosesinde; geliştirme, maliyet, sürdürülebilirlik, güvenilirlik, güvenlik, ömür vb. gibi çeşitli parametrelere dikkat edilmektedir. Bu parametreler tasarım prosesinin başarısı için gereklidir. Tasarım prosesinde yapılan hatalar masraflıdır ve sonuç olarak belirlenen düzenekteki başarı düzeyini etkilemektedir (Keskinkılıç, 2019). Örneğin, bir sisteme ait eleman için gerekli dayanım, elemanın boyut ve modelini saptamak için önemli tasarım faktörlerinden biridir. Dayanım faktörü, bir parçanın hatta tüm sistemin tasarımını etkilemektedir (Budynas & Keith, 2015).

Buna göre, tasarım faktörleri; işlevsellik, gürültü faktörü, maliyet, dayanım/gerilme, stil, bakım, şekil değişimi/rijitlik, geometri, sürtünme, aşınma, boyut, hacim, korozyon, kontrol, ağırlık, güvenlik, termal özellikler, sorumluluk, güvenilirlik, yüzey, ömür, üretilebilirlik, yağlama, yeniden üretilebilirlik, fayda, pazarlanabilirlik gibi faktörlerdir (Budynas & Keith, 2015).

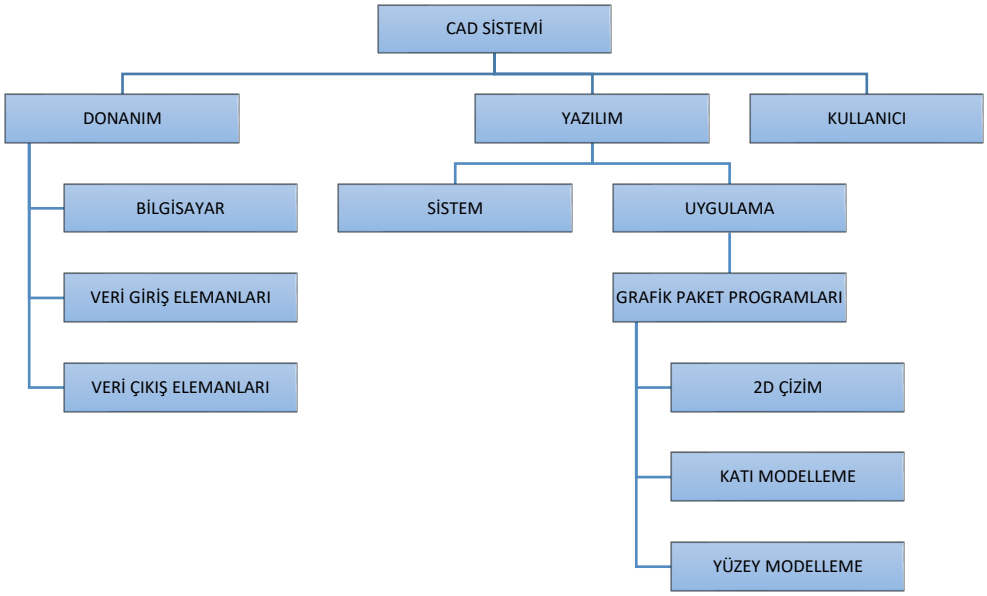
Tasarım araçları, bilgisayar destekli araçlar içinde yer alan; bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımı, bilgisayar destekli mühendislik yazılımı (CAE) ve mühendislik harici bilgisayar destekli yazım ve şema hazırlama yazılımlarıdır. Teknik bilgiyi elde ettiğimiz belirli kaynakların mevcut olduğu saptanmıştır. Teknik bilgiyi topladığımız bu kaynaklar, halk kütüphaneleri, üniversite kütüphaneleri, özel kütüphaneler, mühendislik ansiklopedi ve sözlükleri, ders kitapları, makaleler, rehberler, tercümeler, teknik tutanaklar, ürün kitapçıkları ve patentler, ticaret, enerji, ulaştırma, savunma gibi devlet kurumlarına ait devlet kaynakları, Makine Mühendisleri Odası (TMMOB), Otomotiv Sanayi Derneği, Türkiye Alüminyum Sanayiciler Derneği (TALSAD), Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği gibi profesyonel cemiyetler, teknik kaynak, araştırma çıktıları, maliyet verileri ve internet olarak belirtilebilir (Budynas & Keith, 2015).

Tasarımlar belirli standartlara ve yasal düzenlemelere uygun olmak durumundadır. Standart; parçalar, malzemeler veya prosesler için belirlenmiş özelliklerdir. Süreklilik, verim ve beklenilen nitelikte iş; standartların önemli hedeflerinden biri parça imalinden, malzemeden veya süreçten kaynaklı farklılıkları en alt seviyeye düşürmektir. Yasal düzenlemeler, tasarım, analiz, üretim ve konstrüksiyon için belirlenmiş özelliklerdir. Yasal düzenlemeler ile belirlenmiş bir emniyet seviyesi, nitelik, performans ve verimlilik elde etmek amaçlanmaktadır (Budynas & Keith, 2015).

Tasarım ekonomisi, tasarım süresince üzerinde durulması gereken en önemli konulardan biridir. Tasarım proseslerinin sonuç basamağında maliyet faktörüne önemli görevler düşmektedir. Tasarımda faktörünün üzerinde de uzun süre çalışılmaktadır (Budynas & Keith, 2015). Tasarımcılar, yeni ürün tasarımı yaparken, ürünün hem istenilen görevi gerçekleştirmesini hem de imal basamağına geçmeden önce gerekli mali kısıtları sağlamasına göre hareket etmelidirler (Keskinkılıç, 2019). Ürün maliyetinin %70' lik bir kısmı tasarımla belirlenirken; tasarım maliyeti tüm ürün maliyetinin yalnızca %2 - 10' unu arasındadır. Bu da tasarım ekonomisinin üretimdeki önemini açık bir şekilde göstermektedir (Pahl & Ark., 2010). Standart ebatlar; maliyet kazancının ilk ilkesi standartların kullanımı ve stok boyutudur (Budynas & Keith, 2015).

Bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design)

"Bilgisayar Destekli Tasarım" BDT, "Computer Aided Design" kelimelerinin baş harfleri olan CAD' in Türkçe karşılığıdır. CAD programları teknik çizimlerin, klasik çizim materyalleri kullanılmadan bilgisayar ortamında çizilebilmesini sağlamaktadır (MEB, 2015). Bilgisayar destekli tasarım (CAD), mühendislik tasarımının oluşturulması, geliştirilmesi, analizi ve değiştirilmesini sağlamak için bilgisayar sistemlerinin kullanılmasıdır. CAD sistemi, donanım (hardware), yazılım (software) ve kullanıcı olmak üzere üç unsurdan oluşur. CAD sistemlerini oluşturan unsurlar Şekil 2' de gösterilmektedir (Arslan, Özdemir & Akyüz, 2017).



Şekil 2. CAD sistemlerini oluşturan unsurlar (Arslan, Özdemir & Akyüz, 2017)

Bilgisayar destekli tasarım (CAD), tasarım süreci boyunca, süreyi kısaltmak, kaliteyi ve verimliliği arttırmak, maliyeti azaltmak gibi hedefleri yakalayabilmek için bilgisayar teknolojilerinin kullanılmasıdır (Arslan, Özdemir & Akyüz, 2017). Bilgisayar destekli tasarım ve çizim yöntemlerinde çalışılan disiplinlere göre farklı çizim programları tercih edilmektedir (MEB, 2015).

Bilgisayar destekli tasarımın sağladığı faydalar şu şekilde sıralanabilir. Buna göre; tasarımda CAD kullanımı tasarım çıktılarını CAM ortamında direkt kullanabilme, tasarım ve imalatın bütünleştirilmesi olanağı sağlamaktadır. Belgeleme sağlamaya destek vermektedir. Maliyetler ile ilgili daha net bilgi vermektedir. Halihazırda bulunan parçaların daha fazla işlemden geçirilmesi ve kullanılmaları için bir fırsat yaratmaktadır. Tasarımın bilinen imalat yöntemleri ile bağdaşmasını sağlamaktadır. Algoritmaları en uygun hale getirerek malzeme kullanım miktarlarının ve makine kullanım sürelerinin azaltılmasını sağlamaktadır. Projelerde görevli çalışanların daha verimli bir biçimde yönetilmesini sağlamaktadır. Kompleks parçaların daha detaylı tetkik edilmesine yardımcı olmaktadır. Mühendisler, tasarımcılar, yöneticiler ve diğer personeller arasında daha iyi bir uzlaşma ve iletişim alanı sağlamaktadır (Arslan, Özdemir & Akyüz, 2017).

Mühendislik analizi

Analiz, bir konuyu ana bölümlerine ayrıştırıp, daha sonra bu bölümleri ve aralarındaki bağlantıyı belirleyerek sonuca ulaşılmasıdır. Mühendislik analizi, tasarımı tamamlanan bir objenin öngörülen iç ve dış etkiler altındaki davranışlarını inceleyebilmek için analiz türüne özgü numerik yöntem ile üç boyutlu (3D, 3B) numerik ağının oluşturulması ve çözümünün yapılmasıdır. Bir çeşit sanal gerçeklik denilebilir. Kompleks yapıyı gözden geçirmeyi sağlayan modelleme ve simülasyon

yazılımlarıdır. İstenilen hassasiyet, doğruluk, verim ve diğer bütün çıktılara hızlı ve düşük maliyetli erişme araçlarıdır. Bir tasarımın iyi olması için gereken ögelerin ürüne ilave edilmesi uğraşıdır. Bir ürünü geliştirmek ya da yenisini tasarlamak istenildiğinde çevre hassasiyeti, fiyat performans uygunluğu, tasarım estetiği, emniyet, çalışma performansı, fayda gibi faktörlerin temel gereklilikler olduğu saptanmıştır. Mühendislik analizleri kullanılarak ürünlerin daha rahat üretilebilen, dayanımı daha yüksek, daha az arızalanan, arızaları daha kısa sürelerde giderilebilen, daha uzun ömürlü, daha ucuz, daha işlevsel ve basit kullanıma sahip, daha çevreci ve sade bir şekle dönüştürülmesi mümkün hale getirilmiştir. Beraberinde müşteri isteklerini hızlı yanıtlayabilme, hata tespitlerini daha tasarım aşamasında yapıp riskleri minimum seviyelere indirme, üretimde maliyet düşürücü iyileştirmeler, yarışta üstünlük sağlayan yenilikler, ileri mühendislik, bilgi birikimi gibi edinimler sağlamanın yolları açılmıştır. Bazı mühendislik analizleri; sonlu elemanlar analizleri (FEA), hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizleri (CFD), akışkan - yapı etkileşimi analizleri (FSI), vibro akustik gürültü analizleridir (Raphael & Smith, 2013).

Elverişli ve nitelikli bir mühendislik yazılımıyla üretime hazır hale getirilmiş projede; istenmeyen olaylar, gereksiz malzeme kullanımı, işlev yetersizliği gibi durumlar ile karşılaşılmamaktadır. Böylelikle deneysel çalışma veya fiziki prototip üretme ihtiyacı ortadan kalkar veya bu ihtiyaç en aza indirgenmektedir. Örneğin uçak, gemi benzeri bazı sistemlerin fiziki prototip denemeleri yapılamazken, bazı sistemlerin de prototip denemeleri çok maliyetlidir. Bu sistemler ele alındığında mühendislik analizi uygulamalarının üretimdeki önemi görülmektedir (Raphael & Smith, 2013).

Bilgisayar destekli mühendislik (CAE, BDM)

Endüstride üretimi yapılmak istenen bir sistem, imal aşamasından evvel bilgisayar destekli tasarlanabilmekte (CAD - Computer Aided Design), fonksiyonelliği denetlenebilmektedir. Sistem için tasarlanan parçaların bilgisayar destekli imalatı (CAM – Computer Aided Manufacturing) sağlanabilmektedir. Kısaca tasarım ve imalatta bazı işlemleri gerçekleştirirken bilgisayarlı teknolojilerden yararlanılmasıdır. İmalat aşamasından evvel optimum koşullarda bir mekanizmanın dizayn edilebilmesi ya da imalat sonrası görülebilecek sorunlarla karşılaşılmaması için mekanizmanın proses koşullarına göre analizleri yapılmalıdır. Bu analizler için de bilgisayar destekli mühendislik (CAE – Computer Aided Engineering) uygulamalarına gereksinim duyulmaktadır (Bakır, 2006). BDM, en genel ifade ile mühendislik çalışmalarının, bilgisayar yazılımları kullanılarak sanal ortamda gerçekleştirilmesi, tasarımların sanal ortamda test edilmesi ve tasarım doğrulama çalışmalarının sanal ortamda gerçekleştirilmesidir (Koç, 2019).

Müşteriler her zaman daha donanımlı ve iyi ürünler talep etmektedir. Bu nedenle tercihlerini düşük maliyetli, hafif, hızlı, güçlü ve şık görünümlü ürünlerden yana yapmaktadırlar. Bu taleplerin karşılanabilmesi için analizlere, tasarım iyileştirme süreçlerinin başlangıç aşamalarında başlanmaktadır. Temel bazı analizlerin, soyut tasarım adımında başlaması ve tasarım gelişirken, tasarımı şekillendirmesi gerekmektedir. Aksi halde tasarımın sonraki adımlarında analiz sonuçlarına göre, tasarım değişikliği yüksek maliyetlere ve ürünün pazara geç çıkmasına sebep olmaktadır (Koç, 2019).

Bilgisayar Destekli Mühendisliğin en önemli avantajları içinde; tasarım düzeninin ve üretim proseslerinin onaylanması, tasarımın ileriki aşamalarında değişim ihtiyacının azalması, sistemde malzeme kullanım miktarı ve mali konularda kazanımlar elde edilmesi, tasarımın simülasyon ile canlandırılması, farklı ortamlarda ve gerçek koşullarda sistemin çalışmasının izlenmesi, tasarım döngü sürelerinin kısaltılması, tasarım maliyetlerinin azaltılması, fiziki model ve test yapım ihtiyacının azaltılması, test maliyetlerinin düşürülmesi gibi konular yer almaktadır (Raphael & Smith, 2013).

AutoCAD, SolidWorks, Catia, ZetaCAD, GasLINE mühendislikte sık kullanılan bilgisayar destekli tasarım yazılımlarından bazılarıdır. Bu programlardan AutoCAD, tasarımın içinde

bulunduğu bütün meslek gruplarına uygun olduğundan dünyada çoğunlukla kullanılmaktadır. AutoCAD‘ in DWG formatındaki çizim biçimi dünyada endüstriyel çizim normu olarak onay görmektedir. SolidWorks iki veya üç boyutlu tasarım için kullanılan, montaj yapılabilen, analiz yapılıp değerlendirilebilen ve simülasyon ile hareketlerin incelenebildiği bir yazılımdır. Makine Mühendisleri için olmazsa olmaz olan bu program çizim gerektiren her sektörde kullanabilir. Catia' nın yüzey modülü diğer programlara göre oldukça iyidir. Özellikle makine ve otomotiv mühendislerine uygun en gelişmiş CAD/CAM/CAE yazılımlarından biridir. ANSYS, Abaqus, MSC Nastran, ADAMS mühendislikte sık kullanılan analiz yazılımlarından bazılarıdır. ANSYS, mühendislik sistemlerini, bilimsel çalışmaları sayısal olarak modelleyen bir yazılımdır. CAD yazılımları ile entegre edilerek sistemin bütün olarak çalışması sağlanmış ve data iletimi kolaylaştırılmıştır. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de en sık kullanılan BDM yazılımların başında gelen ANSYS yazılımı sonlu elemanlar usulünü kullanmaktadır. Abaqus, malzeme modelleme kabiliyetinin diğer yazılımlardan daha iyi olması ve kullanıcı aracılığıyla kişiye özgü düzenlenebilmesi sayesinde akademik çalışmalarda sıklıkla tercih edilmektedir. Hemen hemen tüm mühendislik disiplinlerinin analizlerinde kullanılmaktadır. MSC Nastran kompleks mühendislik çalışmalarında hızlı ve hassas çözüm üretebilmek için geliştirilmiş bir yazılımdır. Nastran yazılımının çok disiplinli çözümler kabiliyeti, farklı analizleri tek modelde işleme olanağı sunmaktadır. Hemen hemen tüm mühendislik disiplinlerinin analizlerinde kullanılmaktadır (MEB, 2015).

Tarımsal mekanizasyon alanında mühendislik tasarımı ve analizi örnekleri

Literatürdeki, tarımsal mekanizasyon alanında yapılmış olan bazı mühendislik tasarım ve analiz uygulamaları incelendiğinde, imalat ve uygulamada sağladığı maliyet, ömür, zaman gibi avantajlar olduğu görülmüştür. Bu avantajların tasarımcı, imalatçı ve kullanıcı açısından birtakım faydalar ve kolaylıklar sağladığı belirlenmiştir. Bu çalışmalar yapılırken sıklıkla tasarım değişikliklerine başvurulmuş olup farklı tasarımlar ve farklı malzeme kullanımları ile analizlerin tekrarlandığı görülmüştür. Analitik ve sayısal analizlerin sonuçları kıyaslanarak, bilgisayar destekli mühendislik uygulamalarının analizlerde kullanılabilirliği ile ilgili tespitler yapıldığı belirlenmiştir. Ayrıca farklı araştırma konuları için de yol gösterici nitelikte oldukları kanaatine varılmıştır.

Çelik ve ark., yapmış olduğu çalışmada, gövde profili ölçüsü 100x100x10 mm olan yedi ayaklı çizel makinesini SolidWorks programı ile 3 boyutlu olarak modellemiş olup çizel üzerinde meydana gelen gerilme dağılımlarını Ansys Workbench yazılımı kullanarak incelemiştir. Üretici firma katalog değerlerinden çizelin her bir ayağına gelen kuvvet 3450 N olarak ilerleme yönüne ters yönde ayak uç demirlerinden uygulamıştır. Analiz sonucu elde ettikleri gerilme dağılımını incelediğinde en yüksek eşdeğer gerilmenin, ön orta ayak bağlantı kelepçelerindeki cıvatada olduğunu saptamıştır. Maksimum gerilme 167 MPa' dır. Bu değeri cıvata materyali yönünden değerlendirdiğinde, cıvata akma dayanımının altında kaldığını görmüştür. Diğer yapı elemanlarında meydana gelen gerilmeleri incelediğinde, uyguladığı 3450 N değerindeki kuvvet etkisinde gerilme dağılımının malzemenin akma mukavemeti sınırları içinde kaldığını belirlemiştir. Sistemdeki tüm elemanlarının eşdeğer gerilme değerlerini incelediğinde, çizel aletinin kullanım şartları altında hasar almadan emniyetli çalıştığını gözlemlemiştir. Sonuç olarak tarım aletleri ve makineleri tasarımlarında üç boyutlu katı modelleme yöntemleri ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılmasıyla sanal ortamda elde edilen verilerin imalat öncesi tasarımcılara büyük ölçüde yardımcı olduğunu görmüştür (Çelik & ark., 2007).

Şahin ve ark., yapmış olduğu çalışmada, kültivatör üretimi yapan dört farklı firmanın imal ettikleri kazayağı uç demirlerini incelemiştir. Kültivatör kazayağı uç demirlerini Solid Works programı ile modellemiş olup sonlu elemanlar metodu (SEM) ile farklı çalışma koşulu ve altı farklı yükleme senaryosu altında incelemiştir. Farklı yükleme koşullarını sıralı olarak; 500 N, 1000 N, 1500 N, 2000 N, 2500 N, 3000 N şeklinde belirlemiştir. Kültivatör kazayağı uç demirlerinin her birine altı farklı yükleme senaryosunu ilerleme yönüne ters istikamette ve ayak uç demirlerinden uygulamıştır. Bu çalışmada gözlenen kazayağı uç demirlerine ait eşdeğer gerilme ve akma

mukavemeti değerleri kontrol edildiğinde, parça malzemelerinin akma mukavemeti değerlerinden daha küçük olduğu, farklı yükleme uygulama şartlarında parçaların zarar görmeden kullanılabileceği neticesine ulaşmıştır. Sonrasında parçalarda değişik yüklemeler sonucu oluşan eşdeğer gerilmeler (stress) arasındaki ilişkileri incelemiştir. Gerilmelerin ayrı ayrı kazayağı uç demirlerinde farklı değerler göstermesi, parçaların farklı biçim ve geometrilerinden kaynaklandığını düşünmüştür. Aletin kazayağı uç demirlerinin farklı geometri, açı ve biçimde kazayağı uç demirlerine en yüksek seviyede 3000 N olarak uygulanan statik yükleme neticesinde görülen eşdeğer gerilme değerlerini 75.5 MPa - 170 MPa aralığında bulmuştur. Kazayağı uç demiri tiplerinde en yüksek yükleme sonucu görülen yer değiştirme değerlerini şayet dar uç demirlerinin yer değiştirme değerlerinden daha küçük değerlerde, 0.126 mm - 0.232 mm aralığında bulmuştur. Kültivatörler, çeşitli toprak şartlarında ve farklı işleme hızlarında çeki kuvvetiyle ilişkili olarak farklı kuvvetler ile yüklenip üretimlerinde değişik malzemeler ve geometriler tercih edilmesi nedeniyle malzeme incelemesi ve tercihinin iyi yapılması gerektiği sonucuna ulaşmıştır. Üreticilerin tasarımda sonlu elemanlar yöntemiyle ulaştıkları statik gerilme ve yer değiştirme analiz sonuçlarından yararlanarak, daha verimli sistemler imal edebileceğini saptamıştır. Ayrıca optimal bir malzeme tercihiyle imalatçıların ürettikleri kültivatörlerde; üretim maliyetini ve ağırlığını azaltabileceklerini, daha az çeki kuvvetiyle enerjinin daha verimli kullanımına destek olabileceklerini öngörmüştür (Şahin, Altuntaş & Güleç, 2018).

Boyar ve ark., yapmış olduğu çalışmada, kapasitesi 50 adet olan büyük baş hayvan yetiştiriciliği yapılan bir işletmeye elverişli, SolidWorks yazılımı kullanılarak tasarlanan 3.75 m sıyırma genişliği olan özel olarak tasarlanmış gübre sıyırıcı küreğin gerçek çalışma koşulları altında uğradığı deformasyon davranışını ANSYS Workbench yazılımı kullanarak sonlu elemanlar yöntemiyle analiz etmiştir. Çalışmada bir sığırın günlük ortalama 50 kg gübre ürettiğini kabul etmiştir. 50 sığır bulunan bir işletmede bu değeri 2500 kg gün-1 olarak hesaplamıştır. Bu kapasitedeki bir işletmede bulunan gübre sıyırma mekanizmasının günde iki defa çalıştırıldığını (2500:2 = 1250 kg), işletmede iki sıyırıcı küreğin bulunması halinde bu küreklerin çalışması sırasında en fazla 1250:2 = 625 kg gübre kütlesi ile yükleneceğini hesaplamıştır. Analizlerinde küreklerin maksimum gübre kütlesini çektiği anı kurgulamıştır. SEA analizinde sıyırıcı kürek çeki demirinden 625 kg x 9.81 m s-1 ≈ 6135 N' luk bir çeki kuvveti ile yüklemiştir. Bu çalışmada yaptığı SEA sonucunda; modelin genelinde maksimum eşdeğer (Von Mises) gerilme değerini sıyırıcı kapak destek braketinde yaklaşık 183 MPa olarak hesaplamıştır. Bu değerin bilinen plastik deformasyon hasar kriteri değerinin (malzemenin akma gerilmesi değerinin) altında olduğunu görmüştür. Gübre sıyırıcı küreğindeki en yüksek yer değiştirme değerinin yaklaşık 2 mm olduğunu gözlemlemiştir. Bu değerin tasarımın çalışma şartlarında belirlenen işlevleri sorunsuz bir şekilde gerçekleştirmesi için öngördüğü tasarım limitleri içinde kaldığını görmüştür. Yaptığı analizler neticesinde gübre sıyırıcı küreğine ait parçaların hiçbirinde plastik deformasyon ya da kırılma hasarına rastlamamıştır. Maksimum eşdeğer (Von Mises) gerilme değerine karşılık gelen malzeme güvenli çalışma katsayısını (GÇK) yaklaşık 1.37 olarak hesaplamıştır. Bununla birlikte mekanizmayı oluşturan temel parçaların GÇK değerlerini 2 katın üzerinde bulmuştur. Mekanizmayı oluşturan temel parçalardan elde edilen göreceli olarak yüksek GÇK değerleri bu parçalarda ağırlık azaltma hedefiyle yapısal optimizasyon çalışmalarının yapılabilirliğini işaret ettiği sonucuna varmıştır (Boyar, Çelik & Yılmaz, 2020).

Değirmencioğlu ve ark., yapmış olduğu çalışmada, üç soklu bir pulluğun yük altındaki davranışı inceleyerek malzemeden tasarruf yönünde analizleri değerlendirmiştir. Pulluğun kesitlerinde meydana gelen gerilme ve uzama miktarları ile Von Mises gerilme değerlerine ulaşabilmek için MARC™ sonlu elemanlar paket programını kullanmıştır. Bu çalışmada her bir gövdeye 12 kN yatay ve 1.3 kN düşey kuvvet uygulamıştır. Çeki yönüne tersi yönde 36 kN ve düşey yönde 4 kN kuvvet tanımlamış ve bu toplam kuvveti 12' şer kN' luk yatay ve 1.3 kN' luk düşey kuvetler olarak eşit değerlerde gövdelere dağıtmıştır. Kesiti 25x85 mm olan pulluk çatısını ve gövdelerini esas alarak analizleri yapmıştır. Simülasyon çalışmalarında pulluk çatı ve gövdelerinin yeterli dayanımda olduğunu bulmuştur. Bu karara, analiz sonucu bulduğu Von Mises gerilme değerlerinin malzemenin 0.4 kN/mm2 olarak bilinen emniyet gerilmesi değerinin fazlasıyla altında kaldığını gözlemleyerek

ulaşmıştır. Mevcut pulluk çatısının geometrisini değiştirmeden daha küçük bir kesit ile aynı kuvveti taşıyıp taşıyamayacağının analizlerini iki adımda yürütmüştür. İlk adımda pulluk çatısın ve gövdelerinin ölçülerini 85 mm' den 70 mm' ye düşürmüş böylece çatının ve gövdenin imalatı için malzeme kullanımında %17.6 oranında bir tasarruf öngörmüştür. Bu azalmanın, ağırlığı 280 kg gelen pullukta 35 kg civarında bir azalmaya işaret ettiğini tespit etmiştir. Analizler neticesi azaltılmış kesitli pulluk çatısının ve gövdelerinin toplam 36 kN yatay, 4 kN düşey kuvveti taşıyabildiğini saptamıştır. Kesit azaltmanın ikinci adımında çatı kesitini 85 mm' den 55 mm' ye indirmiştir. Bu durumdayken çatının uygulanan kuvvetleri taşıyamadığını saptamıştır. Bu çalışma ile kesitte azalma, beraberinde pulluk toplam ağırlığında ve maliyette azalma sağlamıştır. Çalışma sonucunda mevcut pulluğun çatı geometrisinde hiçbir şekilde değişim öngörmemekle beraber çatının farklı bir biçimde tasarlanmasıyla daha fazla malzeme tasarrufu sağlanabileceğinin olası olduğunu görmüştür (Değirmencioğlu & ark., 1998).

Zeytinoğlu, yapmış olduğu çalışmada, 3.5 tonluk tek dingilli bir tarım aracının çeki halkasını incelemiştir. Öncelikle çeki halkasına ait çeki kuvvetini ile düşey tepki kuvvetini belirlemiş sonrasında bu kuvvetlere bağlı olarak çekme ile kesme gerilmelerini belirleyip mukavemet analizi yapmıştır. Normal gerilmelerin belirlenmesi modelleme, analiz ve çözüm çıktılarının değerlendirilmesini üç farklı modülde ANSY programı ile gerçekleştirmiştir. Çeki halkasının kalınlık boyunca geometrisi değişmediği için iki boyutlu bir gerilme analizi yapmıştır. Parça malzemesini St 42 yapı çeliği olarak seçmiştir. Sonlu elemanlar yöntemine göre çekme istikametine dik doğrultudaki çeki halkasının ortasına denk gelen oyuk duvar üzerindeki düğüm noktasını kritik nokta şeklinde değerlendirmiştir. İlgili düğümlerin eş gerilmelerini 5.89 MPa ile 3.52 Mpa hesaplamıştır. Bu sonuç neticesinde çeki halkasının söz konusu düğümlerini karşılaştırdığında, bir düğüme ait eşdeğer gerilme değerinin daha yüksek olduğunu görmüştür. Kritik kesitteki düğüm noktasına ait eşdeğer gerilme değeri, etkin durumlarda geçerli olan 70 MPa emniyet gerilmesi değerine göre daha düşük değerde olduğu için emniyetli olarak belirlemiştir. Tarım aracının çekme doğrultusunda ivmesinin daha da artırılması durumunda, çeki kuvvetinin artacağını ve çeki halkası kritik kesitindeki gerilmelerin de bu yükle ilişkili olarak artacağını tespit etmiştir. Bu artışa rağmen emniyetli gerilme değeri ile kritik kesitteki eş gerilme farkının yeterince büyük olduğunu gözlemlemiştir. Emniyet gerilmesini temel aldığında, çeki halkası kalınlığının düşürülmesin muhtemel olduğu sonucuna ulaşmıştır (Zeytinoğlu, 2006).

Çelik ve Akıncı, yapmış olduğu çalışmada, tamburlu çayır biçme makinesindeki hareket iletim millerinin belirlenen işletme şartları altında uğradıkları yapısal gerilmeleri analitik ve sayısal yöntemleri kullanarak analiz etmiş ve çıktıları karşılaştırmıştır. Miller malzemesi olarak 31NiCr14 tanımlamış olup tambur iletim milinin çapını 30 mm, boyunu 1070 mm; tambur milinin çapını 25 mm, boyunu 490 mm olarak kullanmıştır. Gerçekleştirilen arazi çalışmaları neticesinde tork değerini yaklaşık olarak 270 Nm olarak ölçmüş, bütün gerilme analizlerinde sapma değerini ve emniyet faktörünü düşünerek 300 Nm olarak kabul etmiştir. Analitik hesaplamalar sonucu tambur iletim miline ait en yüksek Von Mises eşdeğer gerilme değerini 95.600 MPa, tambur miline ait en yüksek Von Mises eşdeğer gerilme değerini 76.210 MPa bulmuştur. Tambur millerinin sayısal analizlerini ANSY Workbench yazılımı ile gerçekleştirmiştir. Gerçekleştirilen FEM analizleri sonucu tambur iletim milinin en yüksek Von Mises eşdeğer gerilme değerini 97.158 MPa, tambur milinin en yüksek Von Mises eşdeğer gerilme değerini 77.099 MPa bulmuştur. Bu çalışma sonucunda tambur iletim milinin hata oranını %1.630, tambur milinin hata oranını %1.167 olarak hesaplamıştır. Analizler sonucunda analitik ve FEM esaslı analiz değerlerinin birbirleriyle yeterince uyumlu olduğu, gereken hallerde bu gibi parçaların analizlerinde CAE yazılımlarının faydalı bir şekilde kullanılabileceği sonucuna ulaşmıştır (Çelik & Akıncı, 2015).

Dağ ve ark., yapmış olduğu bu çalışmada, 22 ton kapasiteli bir ekskavatör kepçesine sabit bir yük uygulandığını düşünerek farklı bölgeleri için yorulma değerlerini sonlu elemanlar yöntemi kullanarak hesaplamıştır. Kepçenin tasarımını sonlu elemanlar yazılımı MSC Marc Mentat kullanarak oluşturmuştur. Belirli statik yüklemeler altında sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirerek

makine üzerindeki kritik bölgeleri saptamıştır. Kepçeye 14 tonluk bir yük uygulayarak analizleri gerçekleştirmiştir. Devamında Von Mises eşdeğer gerilme dağılımlarını ele alarak uygulanan yük altında yaklaşık yorulma ömrünü hesaplamıştır. Farklı tasarımlar için kepçenin yorulma ömründeki değişiklikleri gözlemlemiştir. Ulaştığı sonuçlara göre farklı dayanım limitleri kullanarak yaptığı hesapların ömür hesaplamalarında birbirine yakın oranlarda değiştiğini göstermiştir. Belirli bölgelerde yer alan eşdeğer Von Mises gerilme dağılımlarını kullanarak büyüklüğü sabit olan değişken yükleme altında yorulma hesapları yapmıştır. Kepçe tasarımında yaptığı değişikliklerin yorulma ömrüne etkisini karşılaştırmalı olarak hesaplamıştır. İş makinaları dayanım sınırlarına ait yeterli çıktı bulunmadığından dolayı hesaplamalarını iki farklı dayanım limit değeri kullanarak gerçekleştirmiştir. Bu iki farklı değer için belirli bir kalınlık artışında ömürdeki yüzde artışların birbirine yakın olduğu sonucuna varmıştır (Dağ, Fıçıcı & Geniş, 2007).

Aldağ, yapmış olduğu bu çalışmada, 3 ton kapasiteli tek dingilli tarım arabasının tasarımı sırasında meydana gelebilecek hasarları sonlu elemanlar analizi kullanarak bulmaya amaçlamıştır. Arabada hasar oluşan kısımları saptayabilmek için belirli illerde tarım arabası imalatı yapan firmalar ve çiftçiler ile görüşerek anket çalışması yapmıştır. Anket sonuçları ile kendi ön görüleri örtüşmüştür. Çalışmasına tarım arabasının piston bağlantı noktalarının analizi ile devam etmiştir. ANSYS yazılımını kullanarak bu noktalara 3 ton yük uygulandığındaki yorulma analizini değerlendirmiştir. Sistemde en yüksek gerilme değerlerinin pistonun alt ve üst bağlantı noktalarında meydana geldiğini tespit etmiş ve buradaki sonuçları incelediğinde statik gerilmelerin seçilen malzeme için maksimum akma gerilmesini aşmadığını görmüştür. Ancak yorulma analizi sonucunda elde ettiği minimum çevrim değerlerine eriştiğinde emniyet katsayısının azaldığını ve yorulma hasarının başladığını gözlemlemiştir. Analizler neticesinde, piston bağlantı noktalarının emniyet katsayılarının makine imalatı için uygun olduğu sonucuna varmıştır. Çalışma sonucunda yüz yüze gerçekleştirilen anket sonuçları ile bilgisayar destekli teorik hesaplamaların uyuştuğunu görmüştür. Bu veriler piston bağlantı noktalarını gösterdiği için bu noktalarda çözülmesi gereken problemler olduğuna kanaat getirmiştir. Ayrıca bilgisayar destekli mühendislik yazılımlarının daha tasarım aşamasında kullanılması ile tarım sektöründeki karmaşık ve pahalı sistemlerde zamandan ve maliyetten tasarruf edilebileceğini belirtmiştir (Aldağ, 2015).

Sonuç

Bu çalışmada, mühendislik tasarım ve analizinin tanımı, uygulama süreçleri, dikkate alınması gereken faktörler, uygulama araçları, avantajları, bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar destekli mühendislik ve örnek uygulama programları gibi konular ele alınmıştır. Ayrıca literatürdeki, tarımsal mekanizasyon alanında yapılmış olan bazı mühendislik tasarım ve analiz uygulamaları derlenmiştir. Buna göre;

- Tasarım uygulamaları sayesinde; daha kısa temin zamanları, kalitenin arttırılması, verimliliğin yükseltilmesi, maliyetin düşürülmesi, maliyetler hakkında daha iyi bilgi elde edilmesi, tasarım üzerinde müşteri isteklerinin daha kolay yerine getirilmesi, proje zamanı en aza indirilerek pazar rekabetinde avantaj, çizim hatalarının minimum seviyeye indirilmesi, tasarım doğruluğunun ve standartlığının arttırılması, 3 boyutlu model üzerinde analiz yapabilme olanağı ve beraberinde prototip test sayısının azaltılması, tasarım ve imalatın entegrasyonu, müşteri, mühendis, tasarımcı, operatör gibi farklı topluluklar arasında daha sağlıklı bir iletişim, projelerde çalışan tasarımcıların daha etkili bir biçimde yönetilmesi sağlandığı görülmüştür.

- Analiz Uygulamaları sayesinde; üretim sonrası istenmeyen durumların engellenmesi, malzeme israfının önüne geçilmesi, fiziki prototip ve test yapım ihtiyacının azaltılması, test maliyetlerinin düşürülmesi, tasarım düzeninin ve imalat proseslerinin doğrulanması, tasarım adımının ileriki aşamalarında daha az değişime ihtiyaç duyulması, üründe ağırlık ve maliyet konularında tasarruf edilmesi, simülasyon ile tasarımın görselleştirilmesi, gerçek ortamlarda ürünün işleyişinin öngörülmesi, tasarım döngü sürelerinin kısalması, tasarım maliyetlerinin azaltılması sağlandığı görülmüştür.

- Literatürdeki, tarımsal mekanizasyon alanındaki yapılmış olan bazı mühendislik tasarımı ve analiz uygulamaları incelendiğinde; analitik ve FEM temelli analiz sonuçlarının örtüştüğü CAE uygulamalarının analizlerde yararlı bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür. Yapılan analiz çalışmaları sonucu parça kesitlerinin azaltılarak toplam ağırlığın azaltılabileceği, bu sayede malzeme tasarrufu ve maliyetlerin azaltılabileceği görülmüştür. Analiz sonuçlarını kullanılarak farklı şekiller ve geometriler, toprak koşulları, değişik çalışma hızları, malzeme gibi faktörlerin parça dayanımı üzerine etkileri incelenerek en uygun tasarımlara ulaşılabildiği kanaatine varılmıştır. Bu tasarımlar sayesinde üretim maliyetinin azaltılabileceği, ağırlık azalması için önlemlerin alınabileceği, daha az çeki kuvveti ile enerjinin daha faydalı kullanılabileceği gibi çalışmalara yol gösterdiği anlaşılmıştır. Analizler sonucu parçaların mukavemet özellikleri ve malzeme güvenli çalışma katsayılarının saptanabileceği görülmüştür. Bu veriler ele alındığında parça ağırlıklarının azaltılabileceği, yapısal optimizasyon çalışmalarının yapılabileceği sonuçlarına ulaşıldığı kanaatine varılmıştır. Üretime geçirilmesi düşünülen tasarımın eşdeğer gerilme değerleri incelenmiş, tasarımın uygulama koşulları altında hasar almadan emniyetle çalıştığı anlaşılmıştır. Tarım aletleri ve makineleri tasarımlarında üç boyutlu katı modelleme yöntemleri ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılması ile sanal ortamda elde edilen verilerin imalat öncesi tasarımcılara büyük ölçüde yardımcı olacağı öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

Aldağ, M.C. Tek Dingilli Tarım Arabalarında Oluşabilecek Hasarların Tasarım Aşamasında Sonlu Elemanlar Analiz Yöntemiyle Saptanması. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 2015, 68 s. (Doktora Tezi).

Arslan, R., Özdemir, T., Akyüz, İ. (2017). Türkiye Mobilya sektörü açısından tasarım sürecinde bilgisayar kullanımının önemi ve sektöre yönelik bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımlarının incelenmesi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6 (3), 1105-1118.

Bakır, S. Bilgisayar Destekli Mekanik Tasarım. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2006, 118 s. (Yüksek Lisans Tezi).

Boyar, İ., Çelik, H.K., Yılmaz, D. (2020). Özel tasarım bir gübre sıyırıcı küreğinin yapısal ve işlevsel elemanlarında sonlu elemanlar yöntemi ile gerilme analizi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8 (1), 137–143. Doi: 10.33202/comuagri.665124

Bozdemir, M. (2019). Mekanik tasarım eğitimi için bir uzman sistem uygulaması. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 24 (1), 219-230. Doi: 10.17482/uumfd.411684

Budynas, R.G., Keith, N.J. (2015). Shigley' in Makine Mühendisliği Tasarımı. (H. Sevil Ergür, Yaşar Pancar, Çev. Ed.). İstanbul: Literatür Yayınları

Çelik, H.K., Akıncı, İ. (2015). Tamburlu çayır biçme makinesi hareket iletim millerinin analitik ve sonlu elemanlar yöntemi ile gerilme analizi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 11 (3), 247-255.

Çelik, H.K., Topakçı, M., Yılmaz, D., Akıncı, İ. (2007). Çizelin yapısal ve işlevsel elemanlarında sonlu elemanlar yöntemi ile mukavemet analizi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 3 (2), 111-116.

Dağ, S., Fıçıcı, F., Geniş, K. (2007). İş makinalarında kırılma ve yorulma problemlerinin sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmesi. Mühendis ve Makina Dergisi, 48 (571), 3-5.

Değirmencioğlu, A., Çakır, E., Gülsoylu, E., Keçecioğlu, G. (1998). Pulluk çatılarında sonlu elemanlar yöntemiyle gerilme analizi. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi (TARMEK 1998), 17-18 Eylül 1998, Tekirdağ, (283-289).

Keskinkılıç, F. Mühendislik Tasarım Sürecinde Bulanık Mantık ve Bulanık Yapay Sinir Ağı Kullanımı. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, 2019, 110 s. (Doktora Tezi).

Koç, E. (2019). Otomotiv sanayisinde bilgisayar destekli mühendislik uygulamaları. Mühendis ve Makina Güncel, 60 (708), 41-49.

MEB (2015). Tesisat teknolojisi ve iklimlendirme, bilgisayar destekli çizim. (05/10/2022 tarihinde http://meslek.eba.gov.tr/indir.php?d=QW56MDZxc084Rng3UHFNSTEyUjVhNms2bDFTc0FjWEZwMmY0UUY2TUZrUEdtUUtRVkhKLzV2YVdTU25NNncvaA==&da=S3FtRHE5TExxMllqVkhyYldJWlUxdTVKU0t4eGFNZk5sVU9acmlVRGhjUm1DVUVpVXE4ejA4RDFHQm53VEh5Yg==&iq=bDQxb29HUUdtS3RmSWRwSXlnZkVTZlNKNFV5UHJHdHZTZWNUTmlZLzMzOEtQaEZMYzd3QkNkeEFScWlnUnNRbUtSN1JMang1VEhBaEs4bzZuYzdveUE9PQ== adresinden ulaşılmıştır).

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K.H. (2010). Mühendislik Tasarımı Sistematik Yaklaşım. (H. Rıza Börklü, Çev. Ed.). Ankara: Hatiboğlu Yayınları

Raphael, B., Smith, I.F.C. (2013). Engineering informatics: Fundamentals of Computer-Aided Engineering (Second edit). New York: John Wiley & Sons.

Şahin, A., Altuntaş, E., Güleç, U. (2018). Kültivatör kazayağı uç demirlerinin sonlu elemanlar metodu (SEM) ile mukavemet özelliklerinin belirlenmesi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 32 (3), 257-265. Doi: 10.15316/SJAFS.2018.92

Zeytinoğlu, M. (2006). Sonlu elemanlar yöntemiyle 3.5 tonluk tek dingilli bir tarım arabasına ait çeki halkasının gerilme analizi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (2), 21-24.

Makine Öğrenimi ve Teknikleri

Rasim ÇEKİK[1]
Mehmet HASKUL[2]
Emrullah GAZİOĞLU[3]

1. Giriş

Teknolojinin hızlı gelişimi beraberinde çok büyük miktarda yapılandırmamış veri kütlelerini oluşturmuştur. Bu veriler, yorumlanmayan ve analiz edilmeyen herhangi bir işlenme tabi tutulmamış numerik değer, metin, ses veya resim olabilir. Veri, tüm veri analitiği, makine öğrenimi, yapay zekanın en önemli parçasıdır. Veriler olmadan herhangi bir modeli eğitilemez. Ancak ham veri de tek başına bir anlam ifade etmez. Ham verinin işlenmesi ve ondan çıkarımlar sağlamak gerekir. Bu noktada veri kütlelerini yapılandırılarak ondan anlamlı veri elde etmek için bir takım araçlara ihtiyaç vardır. Günümüzde büyük veriyi yapılandırarak veriden gizli, anlamlı bilgiler çıkaracak ve bu bilgileri kullanarak tahminler, öneriler sunacak araçlara gereklilik duyulduğu açıktır. Bu araçların başında şüphesiz ki yapay zeka gelmektedir. Yapay zeka (Lu, 2019), insan zihninin problem çözme ve karar verme yeteneklerini taklit etmek için bilgisayarları ve makineleri kullanır. Bir başka ifade ile yapay zeka, insan zekası süreçlerinin makineler, özellikle bilgisayar sistemleri tarafından simülasyonudur. Yapay zekanın özel uygulamaları arasında uzman sistemler, doğal dil işleme, konuşmayı tanımlama ve makine öğrenimi gibi konular bulmaktadır. Makine öğrenimi, Yapay zekanın bir alt uygulaması veya konusunu oluşturmaktadır. Birçok yerde iki kavram birbirinin yerine kullanılmaktadır. Ancak iki kavramın ifade etiği alan farklıdır. En önemlisi, tüm makine öğrenimi algoritmaları bir yapay zeka uygulaması olmasına rağmen, tüm yapay zekanın yaklaşımları bir makine öğrenimi değildir. Makine öğrenimi (Burkart & Huber, 2021), insanların öğrenme şeklini taklit etmek için verilerin ve algoritmaların kullanımına odaklanan ve doğruluğunu kademeli olarak artıran bir yapay zeka ve bilgisayar bilimi dalıdır.

Makine öğrenimin veriden gizli örüntüleri etkili bir şekilde çıkarıp bilgiyi yorumlama kabiliyeti yüksek olması çok farklı ve geniş bir alanda kullanıma sahip olmasına neden olmuştur. Örneğin, öneri motorları, makine öğrenimi için yaygın bir kullanım durumudur. Bunun yanı sıra dolandırıcılık tespiti, spam filtreleme, kötü amaçlı yazılım tehdidi tespiti, iş süreci otomasyonu ve öngörülü bakım gibi durumlar diğer popüler kullanım alanlarıdır. Makine öğrenimi gerçek dünyadaki sorunları özel talimatlar olmadan çözebilirler. Bunun için makine öğreniminde çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Algoritmalar büyük hacimli veriler veya büyük veriler üzerinde örüntü tanıma yapmak üzere eğitilir. Algoritmalar çalışma prensiplerine göre denetimli, yarı denetimli, denetimsiz ve takviyeli olmak üzere dört gruba ayrılır. Denetimli öğrenme, etiketli veri kümelerinin kullanımıyla tanımlanan bir makine öğrenimi yaklaşımıdır. Yarı denetimli öğrenme, hem etiketlenmiş hem de etiketlenmemiş verileri kullanarak bir tahmin sunmaktadır. Bu yaklaşımlar az etiketli veri belirli bir öğrenme için kullanılırken öğrenmenin bir kısmı da etiketsiz veriler ile gerçekleştirilmektedir. Denetimsiz öğrenme yaklaşımlarında veride herhangi bir etiket verilmez ve girdisinde yapıyı bulması için algoritmayı kendi haline bırakır. Bu yaklaşım türü, kullanıcıların modeli denetlemesi gerekmeyen bir

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Şırnak Üniversitesi,
[2] Doç. Dr., Şırnak Üniversitesi
[3] Araş. Gör. Dr., Şırnak Üniversitesi

makine öğrenimi tekniğidir. Takviyeli öğrenme, bir makine öğrenimi algoritmasının bir dizi eylem, parametre ve son değerle sağlandığı, düzenlenmiş öğrenme süreçlerine odaklanır. Makine öğrenimi algoritması, kuralları tanımlayarak farklı seçenekleri ve olasılıkları keşfetmeye çalışır, hangisinin en uygun olduğunu belirlemek için her sonucu izler ve değerlendirir.

Çalışma kapsamında makine öğrenimi tanıtılmış ve alt başlıklarına değinilmiştir. Yaygın olarak kullanılan makine öğrenimi yaklaşımları ve tekniklerine daha fazla yer verilmeye çalışılmıştır. Örneğin, makine öğrenimde literatürde denetimli öğrenme kullanımı daha yaygın olduğundan bu alanda kullanılan popüler algoritmaların açıklamaları ayrıca verilmiştir. Sonuç olarak çalışma makine öğrenimini ve tekniklerini tanıtmayı hedeflemiştir. Bu amaç doğrultusunda başlıklar halinde makine öğrenimi yaklaşımları ve algoritmaları sunulmuştur.

2. Makine Öğrenimi

Makine öğrenimi, minimum insan müdahalesi ile belirli bir model oluşturmak ve tahminler yapmak için makinelerin verilerden ve geçmiş deneyimlerden otomatik olarak öğrenmesine olanak tanıyan bir yapay zeka dalı olarak tanımlanabilir. "Makine Öğrenimi" terimi genellikle yapay zeka teriminin yerine kullanılır, ancak makine öğrenimi aslında yapay zekanın bir parçası, bir alt konusunu oluşturmaktadır. 1959'da Amerikalı bilgisayar bilimcisi Arthur Samuel tarafından ortaya atılan makine öğrenimi terimi, "bir bilgisayarın özel olarak programlanmadan öğrenme yeteneği" olarak tanımlanır. En basit haliyle makine öğrenimi, çıktı değerlerini makul bir aralıkta tahmin etmek için girdi verilerini alan ve analiz eden programlanmış algoritmalar kullanan modellerdir. Bu algoritmalar yeni bilgiler aldıkça, zaman içinde "Zeka" geliştirirler, öğrenirler ve performansı iyileştirmek için eylemlerini optimize ederler. Makine öğrenimi ilk ortaya atıldığında basit bir şekilde veriden çıkarım yapan ve bir sonuç döndürmeyle öğrenme sağlayan araçlardı. Ancak gün geçtikçe veriden daha etkili çıkarım sağlayabilen ve öğrenim kabiliyeti yüksek daha karmaşık ve daha performanslı çalışan makine öğrenme modelleri geliştirildi. Makine Öğreniminin bu başarısı onu farklı amaçlar için farklı alanlarda kullanılmaya yol açmıştır. Başka bir ifade ile duyguları öğrenme, kullanıcı deneyimini geliştirme, müşteri davranışlarını tahmin etme, risk ve maliyetleri azaltma vb. amaçlarla pazarlama, eğlence, havacılık, otomotiv gibi geniş bir kullanım alanına ulaşmıştır. Ayrıca büyük veriler üzerinde hızlı ve etkili sonuçlar sunduklarında kullanımları neredeyse her alana yayılmış durumdalar. Aslında makine öğrenimi, bilgisayarlara insan gibi düşünmeyi, öğrenmeyi ve davranmayı öğretme girişimidir. Artan internet hızları, depolama teknolojisindeki ilerlemeler ve genişleyen hesaplama gücü sayesinde makine öğrenimi katlanarak ilerledi ve neredeyse her sektörün ayrılmaz bir parçası haline geldi. Makine öğreniminin desteğiyle, uygulamalar karar vermede ve sonuçları tahmin etmede daha doğru hale gelir. Aslında makine öğrenimi, yapay zeka alanındaki ilerlemelerin çoğundan sorumludur ve veri biliminin ayrılmaz bir parçasıdır.

Bilgisayarlara öğrenme ve gelişme fırsatı vererek, gerçek dünyadaki sorunları özel talimatlar olmadan çözebilirler. Bunun için makine öğrenimi algoritmaları, büyük hacimli veriler veya büyük veriler üzerinde örüntü tanıma yapmak üzere eğitilir. Burada üzerinde durulması gereken odak noktası bilginin kullanımıdır. Makine öğrenimi algoritmaları, büyük miktarda veriden istatistiksel yaklaşımları ve yumuşak hesaplama metotlarını kullanarak yararlı örüntüler çıkarır ve bunları tahmin, kategoriye ayırma gibi işlemler için kullanabilir. Sonuç olarak, veri toplamak kolay bir işlemdir. Ancak büyük hacimli verileri analiz etmek ve anlamlandırmak en zor ve önemli olan süreçtir. Makine öğreniminin farkı ve önemi buradan gelmektedir. Belirli bir veri kümesi dijital olarak depolanabiliyorsa, bir makine öğrenimi algoritmasıyla işlenerek hızlı bir şekilde faydalı bilgi elde edilebilir.

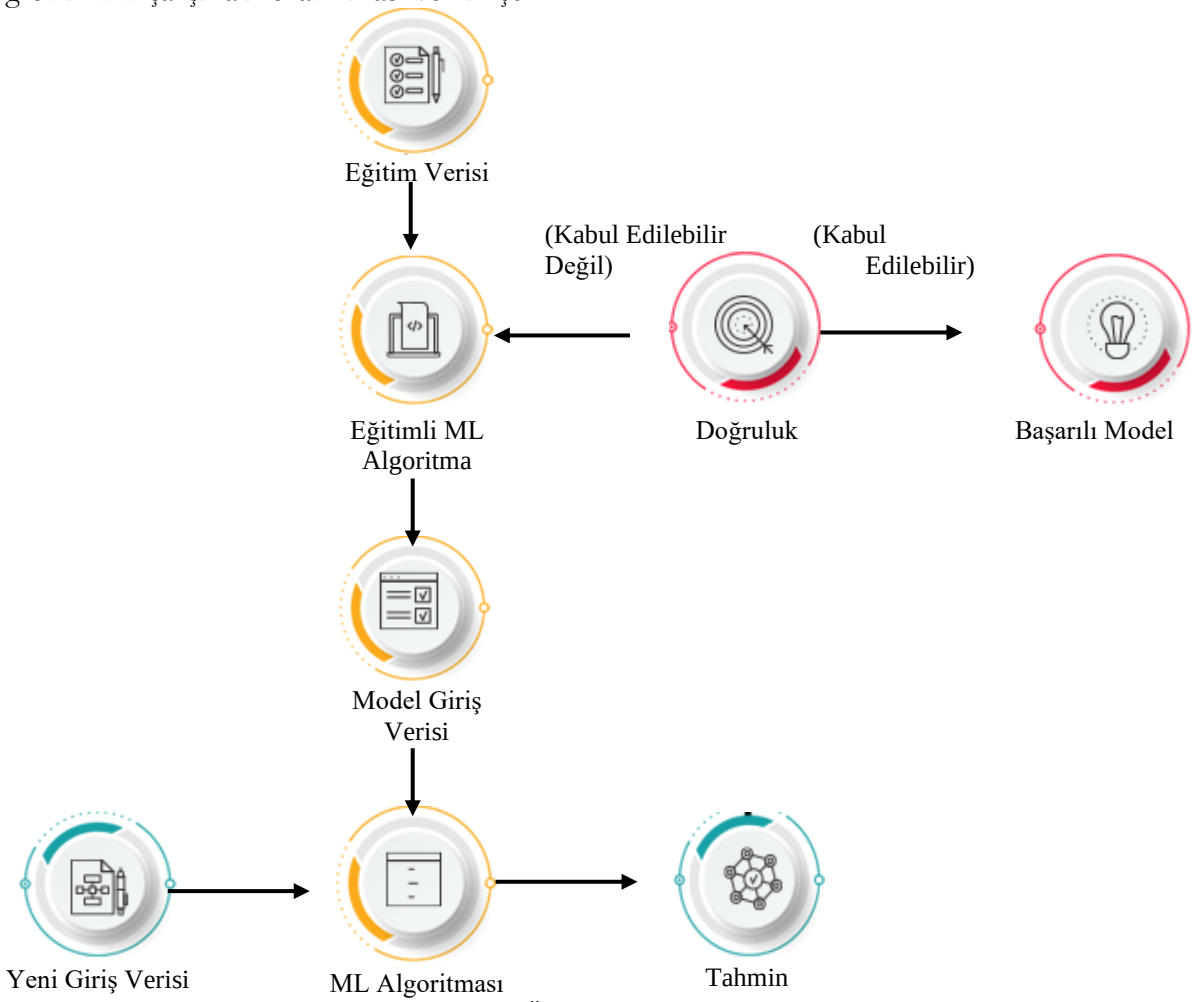
Makine öğrenimi nasıl çalışır? Bu soruya cevap vermek Makine öğrenimini kavramını anlamak adına önemlidir. Bu soruya cevaben aşağıdaki açıklamalar verilebilir:

- İnsanların öğrenimine ve gelişimine benzer olarak makine öğrenimi gerçekleşir. İnsanlar, ne zaman bir karar verseler, durumu daha iyi değerlendirmek için geçmiş deneyimlerini göz önünde

bulundurur. Bir makine öğrenimi modeli de tahminler veya kararlar almak için geçmiş verileri analiz ederek benzer bir durum sergiler. Sonuçta makine öğrenimi, insan zekasını taklit eden ve verilerden kendi kendine öğrenmesini sağlayan bir yapay zeka uygulamasıdır.

- Makine öğreniminde öğrenme süreci, eğitim verilerinin seçilen algoritmaya girilmesiyle başlar. Nihai makine öğrenimi algoritmasını geliştirmek için kullanılan eğitim verisi, etiketi bilinen veya etiketsiz bilinmeyen verilerden oluşur. Bu verilerin durumuna göre öğrenme modeli değişmektedir. Etiketli veriler için ayrı, etiketsiz veriler için ayrı veya her ikisinin aynı anda olduğu süreçler için ayrı algoritmalar sunulur.
- Algoritmanın doğru çalışıp çalışmadığını test etmek için makine öğrenimi algoritmasına yeni girdi verileri ile beslenir. Tahmin ve gerçek sonuçlar daha sonra birbirine karşı kontrol edilir. Tahmin ve sonuçlar eşleşmezse, veri bilimcisi istenen sonucu elde edene kadar algoritma birçok kez yeniden eğitilir. Bu, makine öğrenimi algoritmasının sürekli olarak kendi kendine öğrenmesini ve zamanla doğruluğu kademeli olarak artan en uygun yanıtı üretmesini sağlar.
- Birçok deneme ve hatadan sonra en uygun eylemi tahmin etmekle yetinmez. Hatayı en aza indirgemek için sürekli gelişime ve yenilikler ile desteklenmeye açıktır.

Makine öğrenimi model olarak belli bir çalışma mekanizmaya sahiptir. Şekil 1'de makine öğreniminin çalışma mekanizması verilmiştir.



Şekil 1. Makine Öğrenmesi Çalışma Mekanizması

Eğitim verilerinin durumuna göre öğrenimi algoritmaları dört ayrı başlıkta sunulabilir:

- Denetimli
- Yarı Denetimli
- Denetimsiz

- Takviye

3. Teknikler

3.1. Denetimli Öğrenme

Denetimli makine öğrenimi modelleri (Kadhim, 2019), tanımlanmış veri kümeleri üzerinde eğitilerek modellerin zaman içinde daha doğru bir şekilde öğrenmesine ve büyümesine olanak tanır. Burada tanımlanmış veri kümesi önemli bir kavramdır. Tanımlanmış kavramı, daha önceden insanlar veya uzmanlar tarafından verinin kategorilere, sınıflara ayırmasını ifade etmektedir. Örneğin, bir görüntü işleme algoritması tümü insanlar tarafından etiketlenmiş balık ve diğer şeylerin görüntüleri ile önceden eğitilerek balıkların kendisinin görüntülerini tanımanın yollarını öğrenir. Daha sonra algoritma bu öğrenme becerisi ile etiketsiz bir görüntüyü balık resmi olup olmadığını belirleyebilir. Yine benzer şekilde daha önceden yazılmış ve yazarı belli olan yazılar ile eğitilmiş bir algoritmanın yazarı belli olmayan bir yazının yazarını tespit etme yine denetimli bir öğrenmeye örnektir.

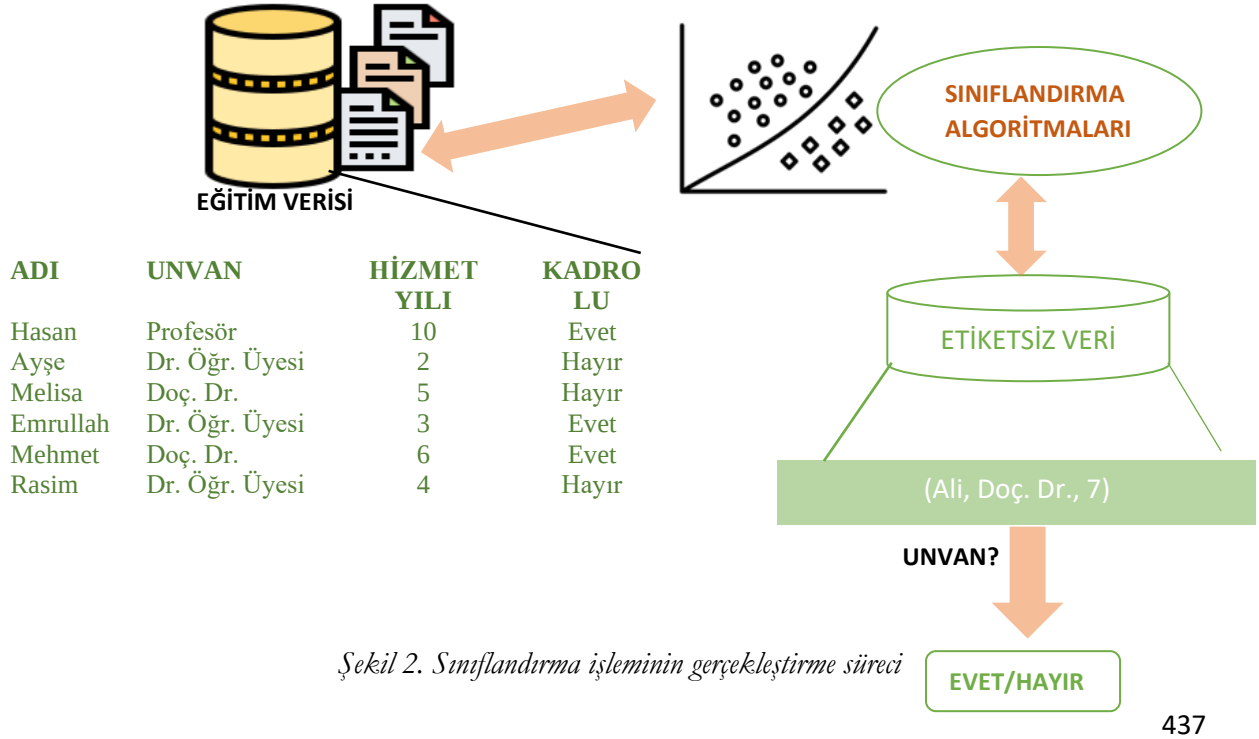
Denetimli Öğrenme kendi içinde Sınıflandırma, Regresyon ve Tahmin olarak üç gruba ayrılır.

3.1.1. Sınıflandırma

Sınıflandırma işlemi, bir veri analizi görevidir. Başka bir ifade ile veri sınıflarını ve kavramlarını tanımlayan ve ayıran bir model bulma sürecidir. Sınıflandırma, gözlemleri içeren ve kategori üyeliği bilinen bir eğitim veri seti temelinde, yeni bir gözlemin bir dizi kategoriden (alt popülasyon) hangisine ait olduğunu belirleme problemidir. Bu problemi çözmek için kullanılan araçlara sınıflandırıcı denir. Örneğin, e-postaları "spam" veya "spam olmayan" olarak filtreleme sürecinde daha öncesinde eldeki veriler ile eğitilmiş model olan bir sınıflandırıcı kullanımı bir sınıflandırmadır. Sınıflandırma işlemi için aşağıdaki süreçler yürütülür:

1. Öğrenme Adımı (Eğitim Aşaması): Sınıflandırma Modelinin Oluşturulması: Modelin mevcut eğitim setini kullanarak öğrenmesini sağlayarak bir sınıflandırıcı oluşturmak için farklı algoritmalar kullanılır. Doğru sonuçların tahmini için modelin eğitilmesi gerekir.

2. Sınıflandırma Adımı: Model, sınıf etiketlerini tahmin etmek için kullanılır ve sınıflandırma kurallarının doğruluğunu tahmin etmek için test verileri üzerinde test edilir. Şekil 2'de sınıflandırma işleminin gerçekleştirme süreci verilmiştir.



Şekil 2. Sınıflandırma işleminin gerçekleştirme süreci

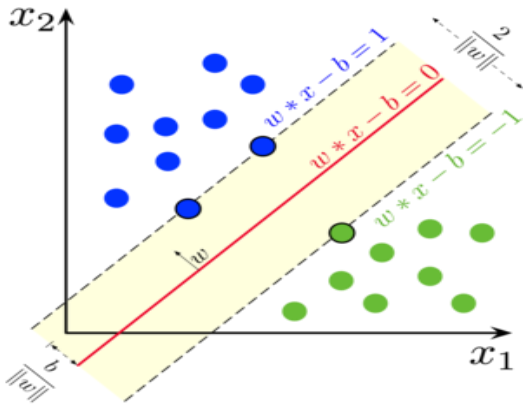
Sınıflandırma sürecinin merkezinde olan sınıflandırıcılar ile ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Makine öğrenmesinde yayın olarak kullanılan sınırlandırıcılar aşağıda verilmiş ve bunlardan bazıları ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

- Decision Trees
- Bayesian Classifiers
- Neural Networks
- K-en yakın komşular (K-nearest neighbors-KNN)
- Destek vektör makineleri (Support vector machines -SVM)

Destek vektör makineleri (Support Vector Machines -SVM): SVM, literatürde sık bilinen ve verimli sonuçlar sunan bir sınıflandırıcı olarak bilinir ve marj maksimizasyonuna dayanır. Kullanılan çekirdeğin türüne bağlı olarak hem doğrusal hem de doğrusal olmayan versiyonları mevcuttur. SVM sınıflandırıcısının kilit noktası marj kavramıdır (Joachims, 1998). Sınıfları ayırmak için hiper düzlemler kullanır. Her hiperdüzlem, yönü (w) ve uzaydaki tam konumu (w_0) ile karakterize edilir. Böylece, doğrusal bir sınıflandırıcı kolayca şu şekilde tanımlanabilir:

$$w^T x + w_0 = 0.$$

Bir sonraki aşamada iki bölgeye ayırım sağlayan $w^T x + w_0 = 1$ ve $w^T x + w_0 = -1$ hiper düzlemler arasındaki bölge marj olarak belirlenir. Şekil 2.5, iki sınıftan (X_1 ve X_2) örneklerle eğitilmiş SVM'in maksimum marjinal hiperdüzlemini ve marjinal temsilini göstermektedir.



Şekil 3. Maks-marj hiper düzlem ve marjlar gösterimi

Burada marj genişliği $2/||w||$ değerine eşittir. Temel amacı, mümkün olan en yüksek marjı elde etmektir. Marjın maksimize edilmesi;

$$J(w, w_0, \varepsilon) = \frac{1}{2}||w||^2 + K\sum_{i=1}^{N} \varepsilon_i$$

Buna göre;

$$wTx+w0\geq 1-\varepsilon i \quad eğer \quad xi\in c1$$

$$w^T x + w_0 \leq -1 + \varepsilon_i \quad eğer \quad x_i \in c_2$$

$$\varepsilon_i \geq 0.$$

şeklinde olur.

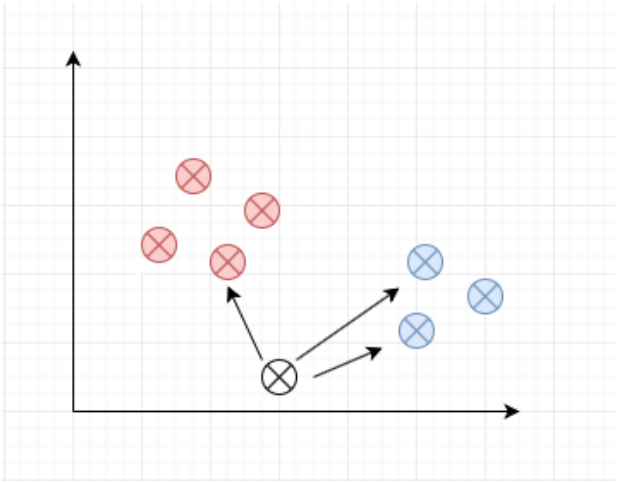
Sırasıyla K ve ε değerleri kullanıcı tanımlı bir sabiti ve marj hatasını ifade etmektedir. Eğer bir sınıfa ait veriler hiper düzlemin doğru tarafında değil ise marj hatası oluşur. Bu yüzden maliyeti en aza indirmek gerekir. Bu durum ise büyük bir marj ile az sayıda marj hatası arasındaki değişime

bağlıdır. Bu aynı zamanda bir optimizasyon problemidir ve çözümü eğitim özniteliklerinin ağırlık ortalamasıdır. Aşağıdaki gibi de ifade edilir:

$$w = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i \, y_i x_i$$

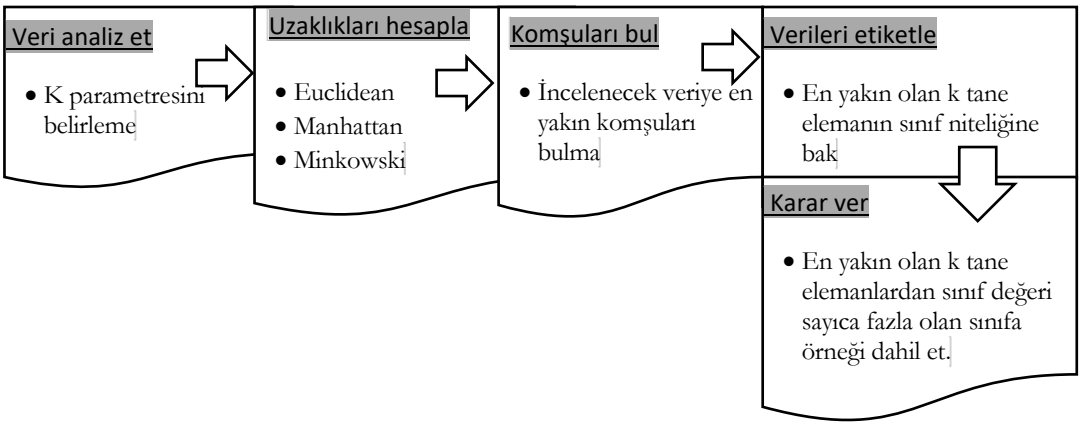
Burada sırasıyla, λ_i optimizasyon görevinin Lagrange çarpanı ve y_i ise bir sınıf etiketidir.

k-en yakın komşular (k-nearest neighbors-KNN): K-en yakın komşular algoritması (KNN), sınıflandırma için kullanılan parametrik olmayan bir tekniktir (Kowsari & ark., 2019). Kullanımı oldukça yaygın olan sınıflandırıcının çalışma temelinde, bir test verisi x verildiğinde, eğitim setindeki tüm veriler arasında x'e en yakın k komşusu saptanır. k adaylarının sınıfına göre kategori adayları için bir skor hesaplanır. Ayrıca x verisinin ve onun her bir komşunun benzerliği, komşu verilerin kategorisinin skoru olabilir. Şekil 4'te örnek bir KNN çizimi verilmiştir.



Şekil 4. Örnek bir KNN çizimi

Komşuluk hesaplamaları için Euclidean (Öklid), Manhattan ve Minkowski gibi uzaklık hesaplama yöntemlerinden biri kullanılır. Yaklaşım verinin komşu skorları hesaplandıktan sonra bunlardan skoru en yüksek k tanesini alır ve bu k tane komşuya göre işlem yapılır. Nihayetinde yaklaşım verinin kategorisi bu işlemlere göre belirlenir. Aşağıda KNN yaklaşımının genel çalışma akışı Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. KNN yaklaşımının genel çalışma akışı

Minkowski uzaklık hesaplamanın matematiksel ifadesi:

$$\left(\sum_{i=1}^{k}(|x_i - y_i|)^q\right)^{1/q}$$

Verilen deklemde q değeri eğer $q = 1$ ise Manhattan ve $q = 2$ ise Euclidean denklemini verir.

Karar ağacı (Decision tree-DT): Karar ağacı tekniğin yapısı, veri alanının hiyerarşik bir ayrışması şeklinde gerçekleşir (Aggarwal & Zhai, 2012). Bir sınıflandırma görevi olarak karar ağacı D. Magerman (Magerman, 1995) tarafından ortaya atılmış ve Quinlan, J. (Quinlan, 1986) tarafından geliştirilmiştir. Temel çalışma prensibi, kategorize edilmiş verilerin özniteliğine dayalı bir ağaç yapısı oluşturmaktır. Ancak burada temel problem, hangi özniteliğin ebeveynler düzeyinde ve hangisinin çocuk düzeyinde olması gerektiğidir. Bu sorunu çözmek için De Mántaras (De Mántaras, 1991), ağaçta öznitelik seçimi için istatistiksel modelleme getirmiştir. p pozitiflik ve n negatiflik içeren bir eğitim seti için:

$$H\left(\frac{p}{n+p}, \frac{n}{n+p}\right) = -\left(\frac{p}{n+p} log_2 \frac{p}{n+p} + \frac{n}{n+p} log_2 \frac{n}{n+p}\right)$$

Denklemde, eğer k farklı değer ile öznitelik A seçilirse ve eğitim verisi E, $\{E_1, E_2, \dots, E_k\}$ gibi alt kümelere bölünürse o zaman beklenen entropi (BE):

$$BE(A) = \sum_{i=1}^{k} \frac{p_i + n_i}{p+n} H\left(\frac{p_i}{p_i + n_i}, \frac{n_i}{p_i + n_i}\right)$$

Bu öznitelik için bilgi kazanımı (BK) ise şu şekilde İfade edilir:

$$A(BK) = H\left(\frac{p}{n+p}, \frac{n}{n+p}\right) - BE(A)$$

Bilgi kazanımı değeri yüksek olan öznitelik ebeveyn düğüm olarak seçilir.

Naive bayes (NB): Naive Bayes sınıflandırcısı teorik olarak Thomas Bayes tarafından formülüze edilen Bayes teoremine dayanmaktadır (Pearson, 1925). Bayes teoremi denklemi:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

Denklemde, sırasıyla $P(A|B)$, $P(B|A)$, $P(A)$ ve $P(B)$; B olayı gerçekleştiği durumda A olayının meydana gelme, A olayı gerçekleştiği durumda B olayının meydana gelme, A ve B olaylarının önsel olasılıklarıdır. Naive Bayes sınıflandırıcısının sırı Bayes teoremindeki durumların bağımsızlığında yatmaktadır. Yani öznitelikler bağımsızdır. Sınıflandırıcı her durumun olasılığını hesaplar ve olasılık değeri en yüksek olana göre sınıflandırır.

3.1.2. Regresyon

Regresyon analizi, bağımlı (hedef) ve bağımsız (tahmin edici) değişkenler arasındaki ilişkiyi bir veya daha fazla bağımsız değişkenle modellemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Daha özel bir tanımla, Regresyon analizi, diğer bağımsız değişkenler sabit tutulduğunda bağımsız bir değişkene karşılık gelen bağımlı değişkenin değerinin nasıl değiştiğini anlamamıza yardımcı olur.

Esas olarak buradaki tahmin kavramı, zaman serisini modelleme ve değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisinin belirlenmesi için kullanılır. Regresyon analizinde kullanılan bazı kavramlar aşağıda verilmiştir.

- Bağımlı Değişken: Analizde tahminde bulunulmak veya anlamak istenilen ve ana faktöre bağımlı değişkene denir. Hedef değişken olarak da bilinir.
- Bağımsız Değişken: Bağımlı değişkenleri etkileyen veya bağımlı değişkenlerin değerlerini tahmin etmek için kullanılan faktörlere bağımsız değişkenler denir. Bu tür değişkenlere yordayıcı değişken ismi de verilmektedir.
- Aykırı Değerler: Aykırı değer, veri kümesindeki diğer değerlere kıyasla çok düşük veya çok yüksek bir değere sahip olan verilerdir. Aykırı bir değer makine öğrenim sonucu negatif yönden değiştirebilir ve bu yüzden bu tür değerlerin atılması daha doğrudur.
- Çoklu doğrusal bağlantı: Eğer bağımsız değişkenler birbirleriyle diğer değişkenlere göre daha yüksek korelasyon gösteriyorsa, böyle bir duruma Çoklu doğrusal bağlantı denir. Veri setinde olmaması gerekir çünkü en çok etkileyen değişkeni sıralarken sorun yaratır.
- Underfitting ve Overfitting: Makine öğrenimi algoritmasının eğitim veri kümesi iyi sonuç verip test veri kümesi üzerinde kötü sonuç sergiliyorsa, böyle bir soruna Overfitting denir. Algoritmanın eğitim veri kümesi üzerinde bile iyi performans göstermiyorsa, bu soruna da Underfitting denir.

Veri madenciliğinde ve daha özelde makine öğreniminde kullanılan çeşitli regresyon türleri vardır. Her tür algoritmanın farklı problem üzerinde kendi önemi vardır. Ancak literatürde yaygın olarak kullanılan ve başarılı performans sergileyen yaklaşımlar aşağıda verilmiştir:

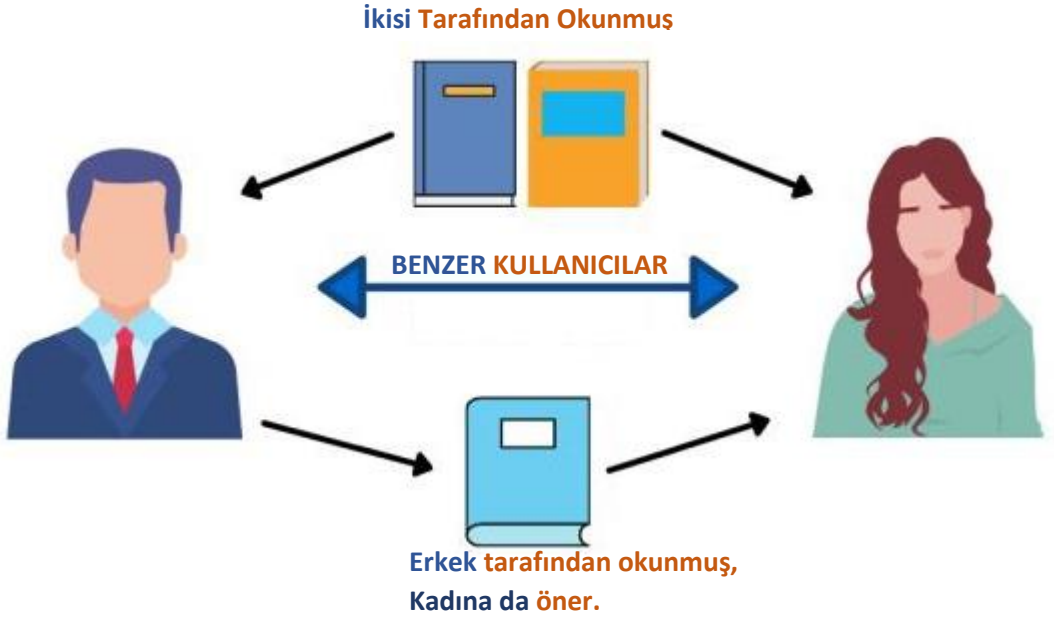
- Doğrusal Regresyon (Linear Regression)
- Lojistik Regresyon (Logistic Regression)
- Polinom Regresyon (Polynomial Regression)
- Destek Vektör Regresyonu (Support Vector Regression)
- Karar Ağacı Regresyonu (Decision Tree Regression)
- Rastgele Orman Regresyonu (Random Forest Regression)
- Sırt Regresyonu (Ridge Regression)
- Kement Regresyonu (Lasso Regression)

3.1.3. Tahmin

Tahmin, geçmiş ve şimdiki verilere dayanarak gelecek hakkında tahminlerde bulunma sürecidir ve genellikle eğilimleri analiz etmek için kullanılır (Bagherian & ark., 2021). Sayısal bir çıktı elde etmek veya bir öneride bulunmak için tahmin kullanılır. Eğitim veri kümesi, girdileri (bir ürün, haber, video vb. oluşumlar hakkında yapılmış yorumlar) veya sayısal çıktı (bir otel, kişi, ürün vb. varlıklar hakkında verilmiş oylar) değerlerini içerir. Algoritma, eğitim veri kümesine göre bir model veya tahmin edici yapı üretir. Yeni veriler sağlandığında, model bu veri hakkında bir tahmin veya öneride bulunur. Bu yaklaşım, sınıflandırmadan farklı olarak bir sınıf etiketine sahip değildir. Sürekli değerli bir fonksiyon veya sıralı değer model tarafından tahmin edilir. En yaygın kullanım modelleri öneri sistemleridir. Öneri sistemleri, birçok farklı faktöre dayalı olarak kullanıcıya bir şeyler önermek için tasarlanmış sistemlerdir. Bu sistemler, kullanıcıların satın alma olasılığı en yüksek olan ve ilgilerini çeken ürünü tahmin eder. Google, Instagram, Spotify, Amazon, Reddit, Netflix vb. gibi çeşitli büyük şirketler tarafından genellikle kullanıcılarla ve platformla etkileşimi artırmak için kullanılırlar. Örneğin Spotify, müzik dinlemek için platformlarını kullanmaya devam edebilmeniz için defalarca dinlediğiniz veya beğendiğiniz şarkılara benzer şarkılar önerir. Amazon, o kullanıcı için topladıkları verilere dayanarak çeşitli kullanıcılara ürün önermek için önerileri kullanır. Şekil 6'da en çok bilinen işbirlikçi filtreleme yönteminin öneride bulunma mekanizması verilmiştir.

En yaygın kullanılan öneri sistemleri:

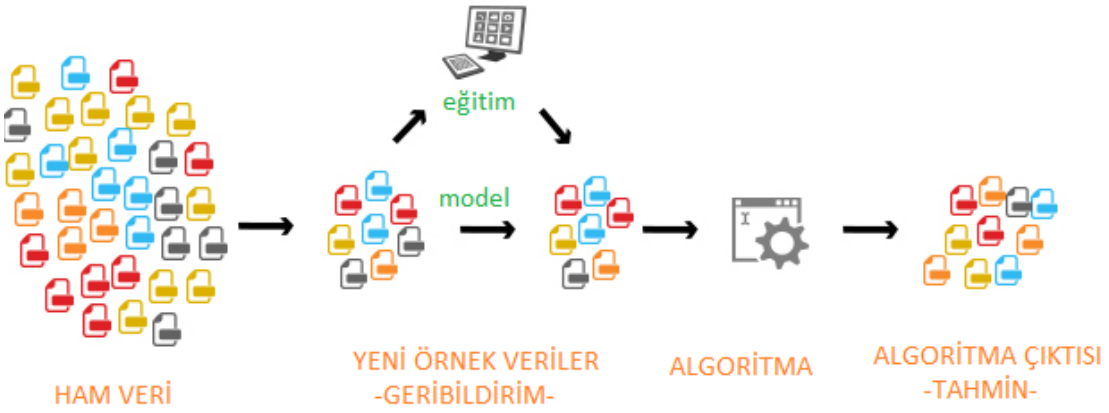
- İşbirlikçi Filtreleme (Collaborative Filtering)
- İçeriğe Dayalı (Content Based)
- Hibrit (Hybrid)



Şekil 6. İşbirlikçi öneri sisteminin çalışma mantığı

3.2. Yarı Denetimli Öğrenme

Yarı denetimli öğrenme (Wang & ark., 2022), denetimli öğrenmeye benzer, ancak bunun yerine hem etiketlenmiş hem de etiketlenmemiş verileri kullanır. Etiketli veriler, algoritmanın verileri anlayabilmesi için anlamlı etiketlere sahip temel bilgilerdir, ancak etiketlenmemiş veriler de bu durum söz konusu değildir. Makine öğrenimi algoritmaları, bu kombinasyonu kullanarak etiketlenmemiş verileri etiketlemeyi öğrenebilir. Bu tür öğrenme yaklaşımları, az sayıda etiketli veri ve çok sayıda etiketsiz veri içeren bir öğrenme problemi üzerine yoğunlaşır. Ne denetimli ne de denetimsiz öğrenme algoritmaları, etiketli ve açıklanamayan verilerin karışımlarını etkili bir şekilde kullanamadığından, bu tür öğrenme sorunları çözmek bu yaklaşımlar için zordur. Bu nedenle, özel yarı denetimli öğrenme algoritmalarına ihtiyaç duyulmuştur.
Çalışma mekanizması, tüm veri kümesine etiketler eklemek yerine, manuel olarak verilerin yalnızca küçük bir bölümünü gözden geçirip etiketlendikten sonra geriye kalmış büyük orandaki etiketlenmemiş verilere uygulanan bir eğitim modeli olarak çalışır. Şekil 7'de çalışma prensibi verilmiştir.



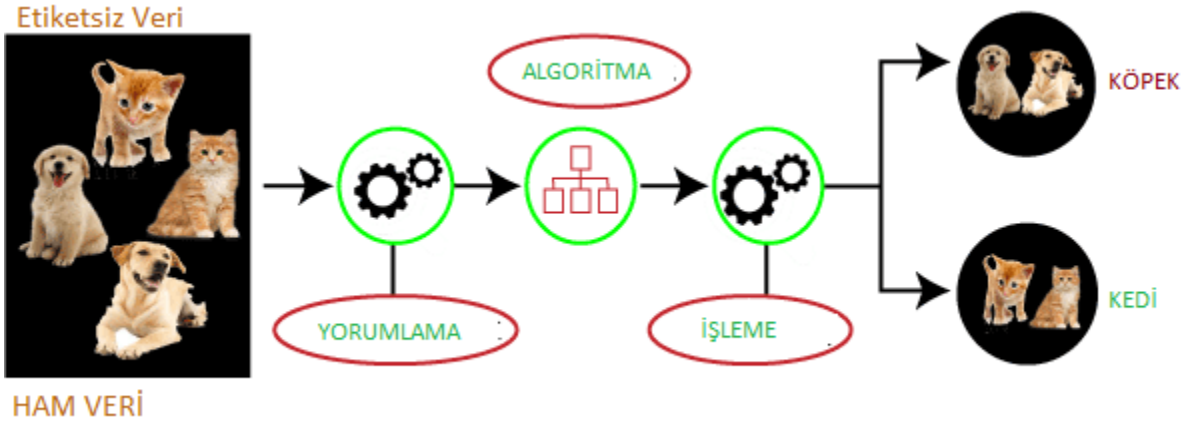
Şekil 7. Yarı denetimli öğrenme çalışma mekanizması

Yarı Denetimli Öğrenme kedi içinde öğrenme tekniğine göre gruplara ayrılır:

- *Kendi kendine eğitim:* Genel olarak yarı denetimli öğrenmenin en basit örneklerinden biri kendi kendine eğitimdir. Kendi kendine eğitim, sınıflandırma veya regresyon için herhangi bir denetimli yöntemi alıp, etiketli ve etiketsiz verilerden yararlanarak yarı denetimli bir şekilde çalışacak şekilde değiştirebilecek prosedürdür.
- *Ortak eğitim:* Kendi kendine eğitim yaklaşımından ve onun geliştirilmiş versiyonundan türetilen ortak eğitim, etiketlenmiş verilerin yalnızca küçük bir kısmı mevcut olduğunda kullanılan başka bir yarı denetimli öğrenme tekniğidir. Kendi kendine eğitimin aksine, ortak eğitim, iki veri görünümüne dayalı iki ayrı sınıflandırıcıyı eğitir.

3.3. Denetimsiz Öğrenme

Denetimsiz öğrenme (Wang & ark., 2022), kullanıcıların modeli denetlemesi gerekmeyen bir makine öğrenimi tekniğidir. Bunun yerine, daha önce tespit edilmemiş olan kalıpları ve bilgileri keşfetmek için modelin kendi başına çalışmasına izin verir. Esas olarak etiketlenmemiş verilerle ilgilenir. Bu tür yaklaşımlarda öğrenme algoritmasına herhangi bir etiket verilmez ve girdisinde yapıyı bulması için algoritmayı kendi haline bırakır. Denetimsiz öğrenme, kendi başına bir hedef (verilerdeki gizli kalıpları keşfetmek) veya bir amaca yönelik bir araç (özellikli öğrenme) olabilir. Denetimsiz öğrenme metotları nasıl çalışır. Bu soruya en basit şekilde, kategorize edilmemiş, etiketlenmemiş verileri analiz ederek ve içindeki gizli yapıları bularak çalışır. Ayrıca denetimli öğrenmede bir veri bilimcisi, sistemi etiketli verilerle besler ve örnek yoluyla öğrenmesini sağlar. Denetimsiz öğrenmede, bir veri bilimcisi yalnızca verileri sağlar ve verileri analiz etmek sistemin sorumluluğundadır. Denetimsiz makine öğrenimi, çok büyük miktarda veri gerektirir. Çoğu durumda, model daha fazla örnekle daha doğru hale geldiğinden, aynı şey denetimli öğrenme için de geçerlidir. Şekil 8'de denetimsiz öğrenme çalışma mekanizması verilmiştir.



Şekil 8. Denetimsiz öğrenme çalışma prensibi

Denetimsiz öğrenme problemleri, kümeleme ve ilişkilendirme problemleri olarak sınıflandırılabilir.

3.3.1. Kümeleme

Kümeleme veya küme analizi, etiketlenmemiş veri kümesini gruplandıran bir makine öğrenimi tekniğidir. Veri noktalarını benzer veri noktalarından oluşan farklı kümeler halinde gruplandırır. Olası benzerliklere sahip nesneler aynı, başka bir grupla daha az veya hiç benzerliği olmayan nesnelerle başka bir grupta kalır. Kümeleme, denetimsiz Öğrenme Yaklaşımlarından en çok tercih edilen metotların başında gelir. Kümeleme genel olarak algoritmanın çalışma şekline göre gruplandırılabilir:

1. Bölümleme Kümeleme (Partitioning Clustering)
2. Yoğunluk Tabanlı Kümeleme (Density-Based Clustering)
3. Dağıtım Modeli Tabanlı Kümeleme (Distribution Model-Based Clustering)
4. Hiyerarşik kümeleme (Hierarchical Clustering)
5. Bulanık Kümeleme (Fuzzy Clustering)

Yaygın kullanılan kümeleme metotları:

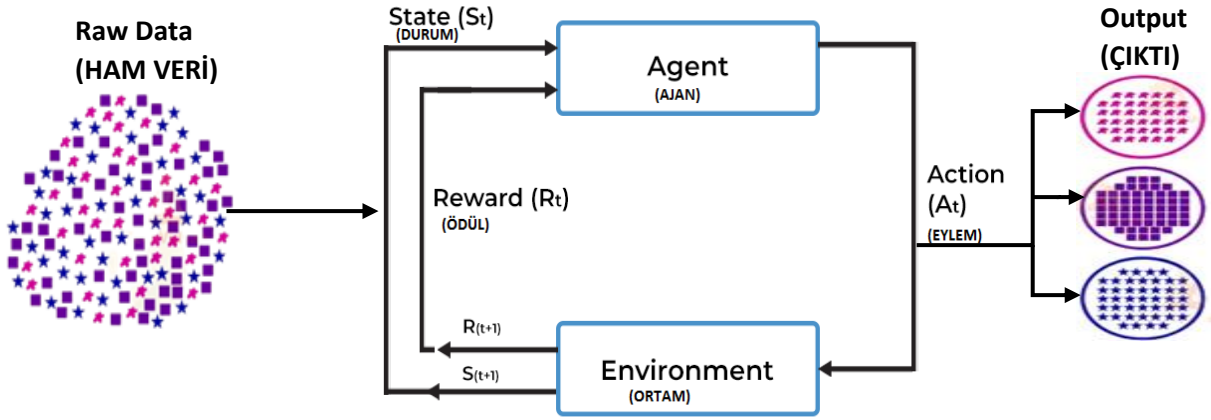
- K-ortalama (K-means)
- DBSCAN
- Gauss Karışım Modeli (Gaussian Mixture Model)
- BIRCH
- Afinite Yayılımı (Affinity Propagation)
- Ortalama Kaydırma (Mean-Shift)
- OPTICS
- Toplayıcı Hiyerarşi (Agglomerative Hierarchy)

3.3.2. İlişkilendirme

İlişkilendirme kuralı, büyük veritabanındaki değişkenler arasındaki ilişkileri bulmak için kullanılan denetimsiz bir öğrenme yöntemidir. Veri kümesinde birlikte oluşan öğe kümesini belirler. Bazı ilginçlik ölçütleri kullanılarak veritabanlarında keşfedilen güçlü kuralların belirlenmesi amaçlanmaktadır (Piatetsky & Gregory, 1991). Çeşitli öğelerle yapılan herhangi bir işlemde, ilişkilendirme kuralları, belirli öğelerin nasıl ve neden bağlantılı olduğunu belirleyen kuralları keşfetmeyi amaçlar.

3.4. Takviyeli Öğrenme

Takviyeli öğrenme (Obulesu & ark., 2018), bir makine öğrenimi algoritmasının bir dizi eylem, parametre ve son değerle sağlandığı, düzenlenmiş öğrenme süreçlerine odaklanır. Makine öğrenimi algoritması, kuralları tanımlayarak farklı seçenekleri ve olasılıkları keşfetmeye çalışır, hangisinin en uygun olduğunu belirlemek için her sonucu izler ve değerlendirir. Takviyeli öğrenme makineye deneme yanılma yolu ile öğretir. Geçmiş deneyimlerden öğrenir ve mümkün olan en iyi sonucu elde etmek için yaklaşımını duruma göre uyarlamaya başlar. Şekil 9'da Takviyeli öğrenmenin genel çalışma mekanizması verilmiştir.



Şekil 9. Takviyeli öğrenme çalışma mantığı

Takviyeli öğrenmede temel kavramlar ve en basit anlamıyla çalışma mekanizması:

1. Girdi: Girdi, modelin başlayacağı başlangıç durumu olmalıdır.
2. Çıktı: Belirli bir problem için çeşitli çözümler olduğu için birçok olası çıktı vardır.
3. Eğitim: Eğitim, girdiye dayalıdır, Model bir durum döndürür ve kullanıcı, çıktısına göre modeli ödüllendirmeye veya cezalandırmaya karar verir.
4. Model öğrenmeye devam ediyor.
5. En iyi çözüm, maksimum ödüle göre belirlenir.

Takviyeli Öğrenme kendi içinde kullanılan algoritmalar, çalışma prensibine göre 3 ana başlık altında verilebilir:

- Q-öğrenme (Q-learning)
- SARSA
- Derin Q-ağ (Deep Q-network- DQN)

4. Sonuç

Bu çalışmada, teknolojik gelişmeler ile birlikte ortaya çıkan kirli verinin işlenmesini ve veriden anlamlı bir çıkarım sağlayan yapay zekanın alt konusu olan makine öğrenimi ve teknikleri sunuldu. Makine öğreniminin etkili çalışması, çok farklı alanlarda geniş bir kullanım alanına sahip olmasını sağlamıştır. Bu durum farklı prensipler ile çalışan makine öğrenimi algoritmalarının varlığını oluşturmuştur. Çalışmada genel olarak bu farklı algoritmaları sunmanın yanı sıra popüler algoritmaların açıklamalarına da ver verilmiştir. Sonuç olarak, çalışma ile makine öğreniminin ne olduğu, nasıl çalıştığı ve hangi tekniklere sahip olduğu irdelenmiştir. Bu konu hakkında genel bir çerçevede bilgi sunulmuştur.

KAYNAKÇA

Aggarwal, C., & Zhai, C. (2012). A survey of text classification algorithms. In Mining Text Data.

Bagherian, M., Sabeti, E., Wang, K., Sartor, M. A., Nikolovska-Coleska, Z., & Najarian, K. (2021). Machine learning approaches and databases for prediction of drug–target interaction: a survey paper. Briefings in bioinformatics, 22(1), 247-269.

Burkart, N., & Huber, M. F. (2021). A survey on the explainability of supervised machine learning. Journal of Artificial Intelligence Research, 70, 245-317.

De Mántaras, R. (1991). A distance-based attribute selection measure for decision tree induction. Mach. Learn.

Joachims, T. (1998). Text categorization with support vector machines: Learning with many relevant features. In European conference on machine learning (s. (pp. 137-142).). Berlin, Heidelberg.: Springer.

Kadhim, A. I. (2019). Survey on supervised machine learning techniques for automatic text classification. Artificial Intelligence Review, 52(1), 273-292.

Kowsari, K., Jafari Meimandi, K., Heidarysafa, M., Mendu, S., Barnes, L., & Brown, D. (2019). Text classification algorithms: A survey. Information.

Lu, Y. (2019). Artificial intelligence: a survey on evolution, models, applications and future trends. Journal of Management Analytics, 6(1), 1-29.

Magerman, D. (1995). Statistical decision-tree models for parsing. Cambridge: In Proceedings of the 33rd Annual Meeting.

Obulesu, O., Mahendra, M., & ThrilokReddy, M. (2018, July). Machine learning techniques and tools: A survey. In 2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA) (pp. 605-611). IEEE.

Pearson, E. (1925). Bayes' theorem, examined in the light of experimental sampling. Biometrika.

Piatetsky-Shapiro, Gregory (1991), Discovery, analysis, and presentation of strong rules, in Piatetsky-Shapiro, Gregory; and Frawley, William J.; eds., Knowledge Discovery in Databases, AAAI/MIT Press, Cambridge, MA.

Quinlan, J. (1986). Induction of decision trees. Mach. Learn.

Wang, Q., Ma, Y., Zhao, K., & Tian, Y. (2022). A comprehensive survey of loss functions in machine learning. Annals of Data Science, 9(2), 187-212.

Kurkuminin Terapötik Etkisini Artırmak İçin Mezogözenekli Silika Malzemeler

Yaşar GÖK[1]
Halil Zeki GÖK[2]

Giriş

Günümüzde kanser tedavisinde geleneksel olarak radyoterapi ve kemoterapi yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tedavi yöntemlerinde kullanılan mevcut terapötik ilaçlar ve uygulamalar, kanserli hücrelerin ölümünü sağlamanın yanı sıra sağlıklı hücreler üzerinde de toksisite yaratarak ölümlerine neden olmaktadır.

Genel olarak, kanser tedavisinde kullanılan terapötik ilaçlar, sudaki çözünürlüklerine bağlı olarak hidrofobik ve hidrofilik olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Günümüzde kullanılan anti-kanser ilaçların çoğunluğu hidrofobiktir. Çünkü bu ilaçlar hücre içine varıncaya kadar geçtikleri sulu ortamlarda çözünmeden ilerleyerek hücre zarından geçebilme özelliğine sahiptir. Ancak suda çözünürlüklerinin az olmasından dolayı da ilaç uygulama konsantrasyonları çok düşük olabilmektedir (Sun, 2014). Anti-kanser uygulamalarda hidrofilik ilaçlarda oldukça sık kullanılmaktadır. Hidrofilik ilaçlar yanın da protein, peptid ve amino asit gibi biyomakromoleküllerde kullanımına başvurulan diğer anti-kanser ajanlardır. Hidrofilik karaktere sahip bu yapıların hücre lipid zarından geçmesi oldukça zor olduğundan hücre içindeki biyobulunurlukları oldukça düşük olmaktadır. Ayrıca vücut içerisinde çok çabuk hidrolitik bozunmaya uğramaktadırlar.

Kemoterapi için kullanılan hidrofobik ve hidrofilik kimyasal ilaçlar bulantı, kusma, saç dökülmesi, lökopeni, ishal, hepatotoksisite, nefrotoksisite gibi çeşitli yan etkiler göstermektedir. Doğal ürünler yaygın olarak kullanılan birçok ilacın temelini oluşturmaktadır. Son yıllarda, doğal ürünlerin bazıları farklı farmakolojik özellikler göstermelerinden dolayı dikkat çekmeye başlamıştır. Doğal ürünlerin yararlı etkilere sahip olduğunun daha üst kademelerde kabul edilmesi "artemisinin" ve "anthelmintik avermektin" ile ilgili olarak 2015 yılında Fizyoloji ve Tıp alanlarında Nobel ödülü verilmesinden sonra gerçekleşmiştir. "Artemisinin" Geleneksel Çin Tıbbında keşfedilen doğal bir üründür. Özellikle, "Artemisinin" doğal ürünün bu yararlı etkilerinden sonra, Hindistan ve Çin başta olmak üzere Güney Asya ülkelerinde yaygın olarak "kurkumin"' son yıllarda üzerine çokça çalışma yapılan diğer bir doğal üründür (Nelson, 2017).

Kurkuminin Genel Özellikleri

Kurkumin (1,7-bis (4-hidroksi-3-metoksifenil)-1,6-heptadien-3,5-dion) zencefil ailesine ait çok yıllık bir bitki olan zerdeçalın (Curcuma longa) en aktif bileşenidir. Zerdeçal, Hindistan ve Çin başta olmak üzere Güney Asya ülkelerinde yaygın olarak medikal uygulamalar, gıda aroması ve kumaş boyama gibi çeşitli amaçlarla geleneksel olarak kullanılmaktadır (Hatcher, 2008). Kurkumin

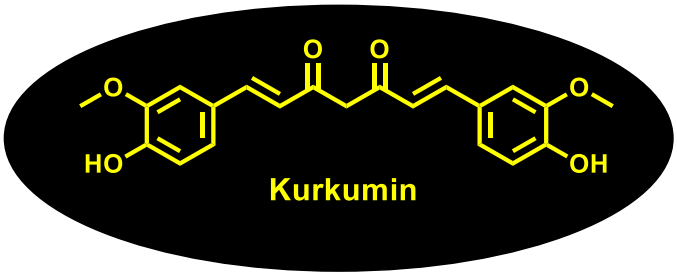
[1] Prof. Dr., Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
[2] Prof. Dr., Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü

2000 yılı aşkın bir süredir Çin ve Hindistan'da diyabet ve karaciğer fonksiyon bozuklukları gibi farklı hastalık gruplarının tedavisi için geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılmıştır (Zhou, Beevers & Huang, 2011). Bu nedenle, son yıllarda *Curcuma longa* ve onun ekstraktlarının biyolojik aktivitesi ve farmakolojik özelliklerini belirlemek üzere yapılan çalışmaların sayısı oldukça artmıştır.

2015 yılına kadar kurkumin ve türevleriyle ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, kurkumin ve 1000 adet analoğunun klinik öncesi denemelerde yer bulduğu görülmektedir. Yine kurkumin ve türevleri ile ilgili yaklaşık 500 adet patent alınmıştır (Nelson , 2017).

Zerdaçal bitkisinde esansiyel yağları da içeren 300'den fazla biyoaktif bileşik belirlenmesine rağmen, kurkuminin bunlar içerisinde en fazla biyoaktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Gupta, 2013). Kurkumin ilk kez 1815 yılında iki bilim adamı Vogel ve Pelletier tarafından izole edilmiş ve ardından Milobedzka ve arkadaşları tarafından kurkuminin kimyasal yapısı diferulometan veya (1,7-bis(4-hidroksi-3-metoksifenil)-1,6-heptadien-3,5-dion) olarak rapor edilmiştir

Kurkumin, bis-α,β doymamış β-diketon yapısında keto-enol tautomerisine sahip bir bileşiktir (Şekil 1). Keto-enol tautomerlerinin miktarı sıcaklık, pH, çözücü polaritesi ve aromatik halkaya bağlı gruplara göre değişkenlik gösterir (Nie, 2008). Asidik ve nötral pH'larda keto formu baskındır ve bu form antioksidan aktivitesi için gerekli olan hidrojen atomu transferini yapabilmektedir. Ancak bazik pH'larda enol formu baskındır ve çok kararlı değildir. Enol formundayken bileşiğin fenolik kısmı elektron transferi ile antioksidan aktiviteye katkı sağlamaktadır (Jovanovic, 1999).



Şekil 1. Kurkumin bileşiğinin kimyasal yapısı

Şimdiye kadar, kurkuminin pek çok kanser tipinde hücre transformasyonu, proliferasyon ve invazyonun bloke edilmesi ve apoptozisin indüklenmesi gibi pek çok hücre içi sinyal yolağını etkileyerek işlev gösterdiği belirlenmiştir (Taverna, 2016; Wu, 2016). Ancak, kurkuminin tüm bu potansiyel özelliklerine rağmen, insanlarda yapılan Faz-1/Faz-II klinik çalışmalarında kurkuminin biyoyararlanımının ve kararlılığının oldukça zayıf olduğu belirlenmiştir. Bu durum, kurkuminin tedavide kullanımını oldukça sınırlandıran ciddi bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Suda düşük çözünürlüğü nedeniyle emiliminin az olması, çabuk metabolize edilmesi, fizyolojik pH'daki kararsızlığı ve hızlı sistemik eliminasyonu gibi faktörler nedeniyle kurkuminin plazma ve dokularda ki düzeyi düşük olarak kalmaktadır (Park, 2013).

Kurkuminin kararlılığı kimyasal modifikasyonlar ile sağlanabilmektedir. Bu durumda izlenen iki yaklaşım vardır.

- Fenolik ve enolik hidroksil gruplarının uzaklaştırılması ya da korunması,
- Micheal akseptörü enolat formunun aktivitesini düşürmek için β-diketonun türevlendirilmesidir (Tamvakopoulos, 2007; Robinson, 2005; Liang, 2009; Nelson, 2017).

Kimyasal modifikasyon yapılmasının yanı sıra kurkuminin terapötik etkisini artırmak için çeşitli nanotaşıyıcı (NT) sistemler de kullanılmaya başlanmıştır. NT'lar ilaç verilim sistemleri arasında

kurkumin gibi lipofilik bileşiklerin biyoyararlanımını arttırmada önemli bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır (Caka, 2017; Ghalandarlaki, Alizadeh & Ashkani-Esfahani, 2014). Bu taşıyıcı yapılar kurkuminin çözünürlüğü ve biyoayarlanımını artırmakla kalmayıp aynı zamanda kurkumini doku mikroçevresinin etkisinden de koruyarak kolloidal kararlılığı sağlamıştır.

Günümüzde çok çeşitli ilaç taşıyıcı sistemler olmakla birlikte bunların başında adjuvanlar (Teiten, Dicato & Diederich, 2014), lipozomlar (Basnet, 2012), niozomlar (Garg, 2016), ekzozomlar (Sun, 2010), fosfolipid kompleksler (Du, 2016) ve nanopartiküller (Adahoun, 2016) gelmektedir. Taşıyıcı sistemlere ilaç yükleme çalışmalarında, ilaç sızdırma, doza bağımlı toksisite ve fizyolojik ortamda kararsızlık en çok karşılaşılan problemler arasında yer almaktadır.

Mezogözenekli Taşıyıcı Sistemler ve Temel Özellikleri

Mevcut tüm nanomalzemeler değerlendirildiğinde, mezogözenekli silika (Si-O-Si) yapılı nanotaşıyıcı (MSN) malzemeler yukarıda anılan diğer malzemeler arasından en umut vaat edici olanıdır.

MSN'lerin öne çıkmasına neden olan özellikleri;

- MSN'lerin termal ve mekaniksel kararlıkları diğer nanotaşıyıcılar ile kıyaslandığında oldukça yüksektir (Bharti, 2015),
- MSN'lerin sentez şartlarının değiştirilmesi ile farklı özelliklere sahip yapılar elde edilebilmektedir. Bu sayede farklı yükleme kapasiteleri ve ilaç salım profilleri ortaya çıkmaktadır.
- İlaç yükleme çalışmalarının MSN'nin sentezi sırasında yapılmasının gerekmemesi ve MSN sentezi sonrası ilaç yükleme çalışmasının yapılabiliyor olması ilacın fizikokimyasal özelliğinin değişmeden kalmasına imkân sağlamaktadır.
- MSN'lerin kolayca fonksiyonelleştirilebilmesi, bu nanotaşıyıcıların dağılım, mukozal tutunma, emilim ve diğer özelliklerinin değiştirilebilmesine olanak sağlamaktadır (Tan vd., 2018).
- Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ve Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) silikatların günlük 1500 mg'a kadar oral olarak alınmasının insan sağlığına zararının olmadığını bildirmiştir (Diab, 2017).
- 2 nm ila 50 nm arasında değişen gözenek boyutuna sahip mezogözenekli silika nanoyapılar (MSN) ilaç dağıtımı ve biyomedikal uygulamalar için mükemmel adaylar olarak kabul edilmektedirler.

Mezogözenekli malzemeler, sentezleri sırasında kullanılan başlangıç maddelerine göre;

- Mezogözenekli silika nanotanecikler (**MSN**),
- Mezogözenekli organosilika nanotanecikler (**MON**) ya da
- Periyodik mezogözenekli silika nanotanecikler (**PMO**) olmak üzere 3 farklı sınıfa ayrılmaktadır.

MSN, MON ya da PMO'ların sentezleri genellikle *sol-jel* yöntemi takip edilerek yapılmaktadır (Croissant, 2018). Mezogözenekli malzemelerin ilaç taşınım sistemi olarak kullanılabilmesi için taşıması gereken kritik özelliklerden bazıları şunlardır;

- İlaç ile kimyasal uyum
- Biyouyumluluk ve biyobozunurluk

- Taşıyıcı sistemden İlacın istenilen şartlarda salımının gerçekleştirilmesi

İlaç ile Kimyasal Uyum

İlaç taşıyıcı sistem olarak kullanılacak silika yapılı nanomalzemeler ile ilacın kimyasal kompozisyonunun uyumu oldukça önemlidir (Yang, Chen & Shi, 2019). Kullanılan terapötik ilaçlar, sudaki çözünürlüklerine bağlı olarak **hidrofobik** ve **hidrofilik** olmak üzere **iki ana gruba** ayrılır. Belirli bir ilaç türü için taşıyıcı olarak kullanılacak nanotaşıyıcıları seçerken veya tasarlarken, optimal bir kapsülleme verimliliği ve arzu edilen salım profili elde etmek için ilacın özelliklerini ve davranışlarını bilmek kritik önem taşır (Sun, 2014). Günümüzde kullanılan ilaçların çoğunluğu hidrofobiktir. Çünkü bu ilaçlar hücre içine varıncaya kadar geçtikleri sulu ortamlarda çözünmeden ilerleyerek hücre zarından geçebilme özelliğine sahiptir. Ancak suda çözünürlüklerinin az olmasından dolayı da ilaç uygulama konsantrasyonları çok düşük olabilmektedir. Uygulama konsantrasyonlarını artırabilmek için hidrofobik ilaçların nanotaşıyıcılar içinde taşınması durumunda sulu ortamdaki konsantrasyonları 1000 katına kadar artırılabildiği rapor edilmiştir (Huh, 2005). Klasik tedavide ve kanser tedavilerinde hidrofilik ilaçlar da oldukça sık kullanılmaktadır. Hidrofilik karaktere sahip yapıların hücre lipid zarından geçmesi oldukça zor olduğundan hücre içindeki biyobulunurlukları oldukça düşük olmaktadır. Ayrıca vücut içerisinde çok çabuk hidrolitik bozunmaya uğramaktadırlar. Bu ilaçların sistemik dolaşım sürelerini artırmak ve hücre zarından geçişini sağlamak için silika yapılı nanotaşıyıcılar oldukça etkili olmaktadır (Croissant, 2016a; Lim, 2015).

Hidrofilik ilaçların yüklenmesinde hidrofilik karakteri daha baskın olan MSN yapılar daha çok tercih edilirken, hidrofobik karakterdeki ilaçların taşınımı için hidrofilik/hidrofobik oranı ayarlanabilir olan MON ve PMO'lar daha uygun bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. MON veya PMO sentezi sırasında silika şebekeye katılacak organik yapının oranı değiştirilerek nanotaşıyıcının hidrofobik karakter yoğunluğu ilaca uygun olacak şekilde ayarlanabilmektedir (Croissant, 2016a; Banerjee, 2016; Palanikumar, 2015). Böylece, hidrofobik karakteri artırılan MON ve PMO ile hidrofobik ilaç arasında daha kuvvetli etkileşim olmakta ve ilaç sızması da engellenebilmektedir. Yapılan bir çalışmada, %100 organik bisilil başlangıç maddesi kullanılarak sentezlenen PMO'nun porlarına kamptotesin, doksorubisin (DOX), gemsitabin (GEM), propidyum iyot gibi ilaçlar daha yüksek miktarlarda yüklenebilmiş ve yine hidrofobik karakteri yüksek olan bu PMO'larda sızmaları engellemek için bir önlem alınmamasına rağmen ilaç sızması meydana gelmemiştir (Croissant, 2015a; 2016b). Bunun nedeni olarak, MON ve PMO'ların por içlerinin hidrofobik karakterin daha fazla olması sonucu ilaç ile kuvvetli etkileşime girerek ilaç yükleme kapasitesini artırması ve dış yüzeylerinde yer alan Si-OH gruplarının hidrofilik karakteri sağlayarak mezogözenekli silika yapının fizyolojik sıvı içerisinde mükemmel şekilde disperse olmasını sağlaması olarak açıklanmıştır.

Biyouyumluluk ve Biyobozunurluk

İlaç ya da biyoaktif molekül yüklenen mezogözenekli silika nanotaşıyıcının *in vivo* ortamdaki biyouyumluluğu biyomedikal uygulamalarda gerekli olan diğer kriterlerden biridir. İlaç taşınımı çalışmaları ile ilgili yapılan ilk araştırmalarda %100 inorganik yapılı olan MSN yapıları çok sık kullanılmıştır (Liu, 2015; Zhang, 2014; Meng, 2010). Çıplak MSN, yüzeyinde serbest halde çok sayıda Si-OH grubu bulundurmaktadır. MSN'ler ile hücre hatları üzerinde yapılan çalışmalarda MSN yüzeyindeki serbest Si-OH gruplarının hücre membranlarında bulunan fosfolipidlerin yapısındaki tetraalkilamonyumlar ile etkileşerek **membranolize** neden olduğu rapor edilmiştir (Croissant, 2018). Bu şekilde silika reaktif oksijen türlerinin (ROS) hücrenin nekrozis veya apoptozis ile ölümüne neden olduğu bildirilmiştir. Hücre hatları yerine kırmızı kan hücreleri (RBC) ile Si-OH türlerinin karşılaşmasında, kırmızı kan hücrelerinin parçalanmasına neden olmaktadır ve bu olay **hemoliz** olarak tanımlanmaktadır. Organik köprülü bisilil bileşiklerinin kullanılması ile sentezlenen MON ve PMO'ların yüzeylerinde daha az sayıda Si-OH grubu içerdiğinden MSN'ye

kıyasla daha az hatta bazı durumlarda hiç hemolize neden olmadığı belirlenmiştir (Croissant, 2018). MSN'nin biyobozunur olması biyouyumluluk açısından taşıması gereken şartlardan biridir. Ancak, **hidrolitik erozyonun** hızının ayarlanması oldukça önemlidir. Çünkü, kargo yüklü MSN, MON ya da PMO'nun istenilen hedefe varamadan hızlı bir hidrolitik erozyona maruz kalması durumunda taşıdığı kargoyu istenmeyen bir bölgede bırakabilir. Bu durum istenmeyen bir durum olup, sızan ilacın sebep olacağı toksisite diğer dokuların da zarar görmesine neden olacaktır. Farklı tetik mekanizmalarının ilaç taşıyıcı sistemler üzerine eklenmesi bu tür istenmeyen durumları engellemek için kullanılan en etkili yollardan biridir (Sun, 2014).

Mezogözenekli İlaç Taşıyıcı Sistemlerde İlaç Salımı ve Biyobozunurluğun Sağlanması

İlaç taşıyıcı nanosistemlerde hidrolitik erozyonun dışında etkili bir biyobozunurluk elde edebilmek için, nanomalzemenin fiziksel (sıcaklık, elektriksel, elektokimyasal, ışık, magnetik ve ses), kimyasal (pH, iyonik ve redoks) ya da biyolojik (enzim, glikoz ve iltihap) bir uyarıcı ile uyarılabilen taşıyıcı sistemler şeklinde tasarımı yapılmalıdır. Bu taşıyıcı sistemler "akıllı ya da çevresel değişkenlere duyarlı" taşıyıcı sistemler olarak adlandırılmaktadır (Cai, 2016; Croissant, 2015a; 2018). Biyobozunurluk, bir ilaç taşıyıcı sistemin insan vücudunda birikmesi sonucu meydana gelebilecek uzun dönemli bilinmeyen potansiyel zararlı yan etkilerinden kaçınmanın en güvenli yollarından birisi olarak ortaya çıkan önemli bir özelliktir. Böylece ilaç taşıyıcı sistemin parçalanması ve parçalanma ürünlerinin toksisitesi çok düşük seviyede kalacak ve ilaç salımından kısa bir süre sonra tamamen parçalanarak biyolojik ortamdan atılımı mümkün olacaktır (Fatieiev, 2015). Biyobozunur nanotaşıyıcılar üç gruba ayrılabilir: i) polimerik, ii) inorganik ve iii) organik-inorganik hibrit nanomalzemeler. Polimerik malzemeler arasında, poliaktik asit (PLA), poliaktitkoglikolit (PLGA) ve poli(β-amino ester) yapıları en çok kullanılanlardır. İnorganik malzemeler içinde ise, kalsiyum fosfat, mangan fosfat ve gözenekli silika biyobozunur malzemelere örnek olarak verilebilir. Organik-inorganik hibrit nanomalzemelere sınıfından biyobozunur nanotaşıyıcı malzemeler olarak ise MON ve PMO'lar oldukça sık kullanılanlardır (Fatieiev, 2015). İlaç taşıyıcı sistemler olarak kullanılacak organosilika nanomalzemeler (MON ve PMO), silika örgüde yer alacak organik içeriğin miktarının artırılması ile biyobozunurluğu artırılmış hibrit malzemeler olarak kullanılabilir.

Organik-inorganik hibrit malzemeler arasında yer alan köprülü-organobissilil bileşikleri çeşitli biyomedikal uygulamalarda kullanılmaktadır (Croissant, 2017; Giret, 2013; Lin, 2019; Zhou, 2017). Bu bileşikler %40-60 oranında yapılarında organik kısım bulundurmaktadır. Organik köprülü bileşiklerin içerdikleri organik yapının özellikleri, bu yapıların kullanılması ile sentezlenen mezogözenekli silika taneciklerinin de özelliklerini değiştirmektedir. Köprülü-organosilan bileşiklerinin yanında ikinci bir silika kaynağının (tetraetoksisilan gibi) kullanılması ile gerçekleştirilen reaksiyonda mezogözenekli organosilika nanotanecikli yapılar (MON) elde edilmektedir. Köprülü-organobissilil bileşiğinin tek başına silika kaynağı olarak kullanılması ile (yardımcı bir silika kaynağı olmadan) gerçekleştirilen sol-jel işleminde elde edilen yapı periyodik mezogözenekli organosilika nanotanecik (PMO) olarak adlandırılmaktadır. PMO sentezi, MON sentezi ile aynı süreçlere sahip olsa da mezogözenekli yapı eldesi daha zordur. PMO sentez denemeleri genellikle amorf, yığılmaların meydana geldiği, gözeneksiz daha büyük tanecik oluşumları ile sonuçlanmaktadır. Köprülü-organobissilil bileşiklerinin kullanılması sırasında karşılaşılan bu zorluklara rağmen literatürde PMO'ların ilaç taşınım sistemleri olarak kullanıldığı çeşitli çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Shea ve arkadaşları ışık duyarlı olarak ilaç salımı yapan bir PMO temelli taşıyıcı sistem geliştirmiştir (Hu, 2012). Corissant ve arkadaşları, iki foton duyarlı köprülü-organobissilil bileşiğinin mezogözenekli nanotaneciğini sentezleyerek bu yapının fotodinamik terapideki etkinliğini incelemiş ve biyo-görüntüleme uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. (Corissant, 2015b). Wong Chi Man ve arkadaşları, pH duyarlı bir nanotaşıyıcı sentezlemişlerdir. Bu nanotaşıyıcıya siyanürik asidi hidrojen bağı yardımıyla tutturarak taşınımı sağlamışlar ve lisozomal asitlikte salım yapmasını sağlamışlardır (Fertier, 2011). 2013 yılına kadar

çeşitli çalışmalar artarak devam etmesine rağmen, biyobozunur silika tabanlı ilaç taşınım sistemlerine ait ilk çalışma Vivero-Escota ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadır (Vivero-Escoto vd., 2013). Bu çalışma kapsamında, yapısında disülfür (S-S) grubu yer alan bir köprülü-organo bissilil bileşiği sentezlenerek bu yapı üzerinden silika ilaç taşınım sistemi olarak kullanılacak nanotaşıyıcı sistem elde edilmiştir. Elde edilen nanotaşıyıcı içerisine MR görüntüleme ajanı olan gadolinyum-kompleksi yüklenmiş ve dağıtımı test edilmiştir. Bu çalışma sonrası, biyobozunur sistemlerin eldesi için S-S grubunun yer aldığı yapıların silika yapısına eklenmesi ile bir çok çalışma günümüze kadar gerçekleştirilmiştir ve oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir (Wu, 2015; Zhao, 2017; N. Li, 2018; Alvarez-Berrios & Vivero-Escoto, 2016; Zhang, 2019; Croissant, 2015c).

İlaç taşınım sistemlerinde biyobozunurluk elde etmek için çok kullanılan tetiklerden diğeri de pH duyarlılığıdır. Hasta dokuların pH değeri sağlıklı dokulardaki fizyolojik pH değerlerine kıyasla daha düşük değerlere sahiptir. Bu kimyasal farklılıktan faydalanarak ilaç taşınım sistemleri fizyolojik pH'da ilaçları koruyarak taşımakta ve pH değişiminin gerçekleştiği yerlerde pH duyarlı biyobozunmanın meydana gelmesi ile taşıdığı ilacın salımını gerçekleştirebilmesi üzerine de oldukça yoğun çalışılmaktadır (Liu, 2014).

Kimyasal ve fiziksel uyarıcıların tetik olarak kullanıldığı çalışmaların çokluğuna rağmen, 2015 yılına kadar biyolojik uyaranlardan enzim duyarlı ilaç taşınım sistemleri üzerine bir çalışma gerçekleştirilmemiştir. Enzimler, vücudumuz içerisinde oldukça önemli fonksiyonları yerine getirirler. Örneğin, enzimler polimer zincirlerine kovalent olarak bağlanabilirler ya da bazı kimyasal bağları spesifik olarak kırabilir, ayırabilir ya da açabilirler. İkinci özellik, ilaç taşınım sistemlerinde ilaç salım mekanizması olarak kullanılabilme potansiyeline sahiptir. 2015 yılında, Fatieiev ve arkadaşları, enzimlerin bu özelliğinden faydalanarak ilk enzim duyarlı periyodik mezogözenekli nanotaşıyıcı sistemi sentezlendiler ve ilaç taşınım sistemi olarak test etmişlerdir (Fatieiev, 2015). Ancak bu çalışmada elde edilen mezogözenekli yapıda gözenekliliğin çok az olduğu ve yaklaşık olarak değerinin 25 m^2/g olarak bildirmişlerdir. 2016 yılında DeCola ve arkadaşları, enzim duyarlı lisin köprülü bissilil bileşiği üzerinden periyodik mezogözenekli nanomalzemenin sentezi gerçekleştirmişler ve bu yapıyı anti-kanser ilacı doksorubisin (DOX) taşınımı için test etmişlerdir (Maggini, 2016). Bu çalışmada, DOX ancak %2 oranında nanotaşıyıcıya yüklenebilmiştir. Yapılan inceleme sonucu elde edilen malzemenin yeterli derecede gözenekli yapıya sahip olmadığı anlaşılmıştır. Bu iki çalışmada elde edilen veriler tekrar irdelendiğinde yapıların sentezi sırasında yalnızca köprülü-organobissilil bileşiği kullanıldığında, yukarıda daha önce açıklandığı üzere, nanomalzemenin amorf ve yığıntılar şeklinde elde edilebildiği ya da seçilen organik köprünün molekül içi H-bağları yapmasından dolayı porların girişlerini çok daralttığı ve gözenekliliği nerdeyse yok ettiği sonucuna varılmıştır.

2015 yılında Fatieiev ve arkadaşlarının enzim duyarlı PMO sentezinde alınan olumsuz sonuçtan sonra, 2016 yılında Croissant ve arkadaşları -H bağları oluşumunu aza indirgemek ve amorf yapının oluşmasının önüne geçmek için, Fatieiev ve arkadaşlarının sentezini gerçekleştirdiği enzim duyarlı köprülü-organo bissilil bileşiği yanında yardımcı bir silan bileşiğini de yapıya katarak mezogözenekli silikadaki organik içeriği % olarak azaltıp yaptıkları denemede hibrit bir MON elde etmişlerdir (Croissant, Fatieiev & Julfakyan, 2016). Elde ettikleri bu MON'la yapılan ilaç yüklemeleri çalışmalarında %84'e kadar ilaç yüklemeyi başarmışlardır. Ayrıca, yüklenen ilacın salımını enzim kontrollü olarak gerçekleştirmişlerdir. Farklı çalışma gruplarının aynı konu etrafında yaptıkları 3 yıllık ısrarlı çalışmaları sonucunda enzim duyarlı yüksek ilaç yükleme kapasiteli ve kontrollü salım yapabilen ilaç taşınım sistemi geliştirilmiştir.

Kurkumin ve Mezogözenekli Yapılar

Kurkuminin kullanımını kısıtlayan sorunların çözümü ve kurkuminin terapötik etkisini artırmak için, kontrollü/hedefe yönelik ilaç salımı çalışmalarında başarı gösteren mezogözenekli silika yapıların kullanılması bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır (Chen, 2018). Mezogözenekli silika

yapılarda meydana gelen gelişmelere paralel olarak, kurkumin ile ilgili sorunların çözümüne yönelik çalışmalar da artmaya başlanmıştır. Son birkaç yıldır kurkuminin MSN'lere yüklenmesi ile terapötik etkilerinin incelenmesine yönelik çalışmaların sayısı artmıştır. Bu çalışmaların bazılarında, serbest kurkumin ve kurkumin yüklü MSN türlerinin *in vitro* çalışmaları yapılmıştır. Kurkuminin MSN içine yüklenmesi durumunda çözünürlüğünün ve hücre sitotoksisitesinin arttığı bildirilmiştir (Jambhrunkar, 2014; Lungare, Hallam & Badhan, 2016; Nasab, 2018, Elbialy, 2020). Bu çalışmalar içinde önemli olan bazılarında elde edilen sonuçlar şu şekildedir.

MCM-41 tipi MSN hazırlanarak bu yapıya kurkumin yüklenmiş ve çıplak kurkumin ile sitotoksisite yönünden karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak çıplak kurkumine kıyasla kurkumin yüklü MCM-41'in sitotoksisitesinin daha iyi olduğu rapor edilmiştir (Jambhrunkar, 2014). Yapılan bir diğer çalışmada farklı morfolojilere sahip MSN'lerin hepsinin terapötik etkisi birbirine yakın olarak gözlendiği rapor edilmiştir. Kurkumin yüklü MSN'lerin çıplak kurkumine göre daha iyi terapötik etkiye sahip olduğu bu çalışma ile de tekrar desteklenmiştir (Kotcherlakota, 2016). MSN yüzeyinin amino grubu içeren gruplar ile modifiye edilmesi sonrası kurkumin yüklenmiş ve çıplak kurkumin ile terapötik etki yönünden karşılaştırılmıştır. Çıplak kurkuminin fizyolojik pH'daki kararsızlığından dolayı biyobulunurluğunun çok az olduğu ve terapötik etkisinin kurkumin yüklü MSN'ye göre oldukça düşük olduğu rapor edilmiştir (Tiwari, 2017). Kurkumin yüklü MSN'nin pH duyarlı kitosan ile kaplı halinin U87MG glioblastoma kanser hücre hattına karşı terapötik etkisinin incelendiği çalışmada, kurkuminin %88 yüklenme oranı ile MSN'ye yüklendiği ve fizyolojik pH'da %19,54 ilaç salımı yaparken düşük pH'da %42,72 oranında kurkuminin MSN içinden salınabildiği rapor edilmiştir. Aynı çalışmada 72 saat sonunda IC_{50} değerinin serbest kurkumin için 15,20 iken kurkumin yüklü MSN'nin ki 5,21 lg/mL olarak belirlenmiştir (Nasab, 2018). MSN yapıların biyouyumluluğunu artırmak ve tümörlü bölgeye yönlendirebilmek için yapılan çalışmalar sonucunda çokça kullanılmaya başlanan hiyaluronan (HA) ile polietilenimin-folik asit (PEI-FA) yapıları kullanılarak iki farklı MSN elde edilmiş ve bu MSN'lere kurkumin yüklenmiştir. MSN-HA ile MSN-PEI-FA yapılarının biyouyumlulukları karşılaştırıldığı da PEI-FA yapısının biyouyumluluğunun daha iyi olduğu belirlenmiştir. Yine MSN'lerin hücre içine alınma çalışmaları karşılaştırıldığında PEI-FA'nın daha fazla hücre içine girebildiği belirlenmiştir. Meme kanseri üzerine yapılan incelemeler sonucunda kurkumin yüklü MSN-PEI-FA'nın MSN-HA'ya göre daha iyi terapötik özellik sergilediği belirlenmiştir (Li, 2018). Kurkumin yüklü MSN'nin *in vitro* sitotoksisite çalışmaları sonucunda MCF-7 hücre hattında HEK-293T hücre hattına göre daha iyi sitotoksisite gösterdiği rapor edilmiştir. Bu çalışmalar, yeni gelişmelerin dikkate alınarak tasarımın yapıldığı yeni tip MSN'ler ile kurkuminin beraber kullanılması durumunda daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur (Chen, 2018). Özellikle MSN'lerin kanser hücreleri içine alınmasında yüzey modifikasyonunun hücre içi bulunurluğu artırdığı ve daha kontrollü kurkumin salımını sağladığı bildirilmiştir. Kong ve arkadaşları 2019 yılında yaptıkları çalışmada, kurkumini MSN içinde kapsüle ederek MSN'nin dışını kitosan ile kaplamışlar ve bu nanotaşıyıcının hepatoselüler karsinom hücreleri üzerinde terapötik etkilerini araştırmışlardır. Alınan sonuçlara göre, kurkuminin tek başına verilmesi yerine MSN'ye yüklenerek verildiğinde terapötik etkisinin oldukça arttığını rapor etmişlerdir (Kong vd., 2019). Kurkumin ve mezoyapılarla ilgili bir diğer çalışmada, kurkuminin sızmasını engellemek, biyouyumluluğu artırmak ve pH duyarlı kurkumin salımını sağlamak için MSN yüzeyi polietilenimin ile kaplanmıştır. Çalışmada kurkumin polietilenimin kaplı MSN'ye %90 oranında yüklenebilmiş ve pH = 5'de 120 saat sürede MSN taşıdığı kurkuminin %50'sini bırakabilmiştir (Sun, 2019). Kurkumin yüklü MSN'nin sistemik sirkülasyon süresinin uzatılması üzerine yapılan bir çalışmada, MSN yüzeyi zwitter iyonik karakterde modifiye edilerek kurkumin yüklenmiş ve kurkumin yüklü çıplak MSN ile kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar zwitter iyon yapılı MSN'nin daha uzun sistemik sirkülasyonda kalabildiği ortaya koymuştur. Yine terapötik etkileri kıyaslandığında kurkumin yüklü çıplak MSN'ye kıyasla kurkumin yüklü zwitter iyon yapılı MSN'nin daha iyi terapötik etki gösterdiği rapor edilmiştir (Shokoofeh Maghari, 2020).

Yapılan bütün çalışmalar arasında en farklı yaklaşım 2016 yılında Datz ve arkadaşları (Datz, 2016) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, kurkuminin fenolik uçları 3-isosiyanatopropiltrietoksisilan ile etkileştirerek karbamad türevi bisilil bileşiği hazırlanmıştır. Bu bileşiğin %50 oranında kullanılması ile bir MON türevi hazırlamıştır. Datz ve arkadaşları yaptıkları bu çalışmada kurkumin-MON'un ilaç taşınım sistemi olarak kullanmışlar fakat kurkuminin terapötik etkisine dair bir inceleme yapmamışlardır. Kargo taşıma için uygunluğunu test etmek için, kurkumin-MON'a Rhodamin B yüklemişlerdir. Yükleme sonrası sızmayı engellemek ve hücre içerisine girişi sağlayabilmesi için nanotaşıyıcının yüzeyini lipid tabaka ile kaplamışlardır. Sonuç olarak, MON'un hücre içerisine girebildiği belirlenmiştir. Ancak, kurkumin içerikli MON yapısının 28 gün boyunca parçalanmadan kararlı bir şekilde kaldığı rapor edilmiştir.

Sonuçlar

MSN, MON ve PMO tipteki taşıyıcı sistemlerin istenilen özelliklere sahip olarak sentezlenebilme avantajından dolayı, silika tabanlı mezogözenekli taşıyıcı sistemler üzerine yapılan çalışmaların sayısı hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu alandaki gelişmelerin artması ile silika tabanlı mezogözenekli yapıların nanotıp alanındaki kullanımı da yaygınlaşmıştır. Özellikle, hedef odaklı akıllı ilaç taşıyıcı sistemlerin nanotıp alanındaki kullanımlarının yaygınlaşması ile antikanser ilaçların terapötik etkilerinin artırılması, insan hayat kalitesinin iyileşmesine önemli katkılar sağlamaktadır.

Kurkumin gibi antikanser özelliğe sahip doğal ürünlerin bazılarının düşük çözünürlüklerinden dolayı, kanser tedavilerinde bu ürünlerden istenilen terapötik etkinin alınamaması ile ilgili sorunun çözümünde mezogözenekli taşıyıcı sistemler umut veren bir gelişme olarak ortaya çıkmıştır.

Kurkuminin, mezogözenekli silika yapılara kovalent veya kovalent olmayan şekillerde yüklenerek kanserli hücre içine gönderilmesi ile ilgili çalışmalarda alınan sonuçlar kurkumininin terapötik etkisinin arttığını göstermektedir. Ancak, yine bu çalışmalardan elde edilen diğer bir sonuç kurkuminin hidrofobik karakterli bir bileşik olmasından dolayı hidrofilik karakterdeki MSN'ye yüklenme oranları genellikle düşük olarak elde edilmektedir.

Bu nedenle, kurkuminin istenilen dozda, istenilen noktaya gönderilmesi ve istenilen yerde salımının gerçekleşmesi için, ilaç-yapı ilişkisinin dikkate alınması ile istenilen özelliklere sahip silika tabanlı mezogözenekli sistemlerin sentezi ve uygulamaları üzerine yapılan çalışmaların sayısının artması oldukça önemlidir.

KAYNAKÇA

Adahoun, M. A., Al-Akhras, M. A. H., Jaafar, M. S., Bououdina, M. (2016) Enhanced anti-cancer and antimicrobial activities of curcumin nanoparticles. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, *45*:98–107. Doi: 10.3109/21691401.2015.1129628

Alvarez-Berríos, M. P. & Vivero-Escoto, J. L. (2016) In vitro evaluation of folic acid-conjugated redox-responsive mesoporous silica nanoparticles for the delivery of cisplatin. *International Journal of Nanomedicine, 11*, 6251–6265. Doi: 10.2147/IJN.S118196

Banerjee, A., Qi, J., Gogoi, R., Wong, J., Mitragotri, S. (2016) Role of nanoparticle size, shape and surface chemistry in oral drug delivery. *Journal of Controlled Release*, *238*, 176–185. Doi: 10.1016/j.jconrel.2016.07.051

Basnet, P., Hussain, H., Tho, I., Skalko-Basnet, N. (2012) Liposomal delivery system enhances anti-inflammatory properties of curcumin. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, *101*:598–609. Doi: 10.1002/jps.22785

Bharti, C., Gulati, N., Nagaich, U., & Pal, A. (2015) Mesoporous silica nanoparticles in target drug delivery system: A review. *International Journal of Pharmaceutical Investigation*, *5*(3), 124. Doi: 10.4103/2230-973x.160844

Cai, Q., Wang, L., Deng, G., Liu, J., Chen, Q., Chen, Z. (2016) Systemic delivery to central nervous system by engineered PLGA nanoparticles. American *Journal of Translational Research, 8*(2), 749–764.

Caka, M., Türkcan, C., Aktaş Uygun, D., Uygun, M., Akgöl, S., Denizli, A. (2017) Controlled release of curcumin from poly (HEMA-MAPA) membrane. *Artificial Cells, Nanomedicine and Biotechnology, 45*(3):426-431. Doi: 10.3109/21691401.2016.1160913

Chen, C., Sun, W., Wang, X., Wang, Y., & Wang, P. (2018) Rational design of curcumin loaded multifunctional mesoporous silica nanoparticles to enhance the cytotoxicity for targeted and controlled drug release. *Materials Science and Engineering C, 85*, 88–96. Doi: 10.1016/j.msec.2017.12.007

Croissant, J. G., Cattoën, X., Wong Chi Man, M., Durand, J. O., Khashab, N. M. (2015a) Syntheses and applications of periodic mesoporous organosilica nanoparticles. *Nanoscale 7*(48), 20318–20334. Doi: 10.1039/c5nr05649g

Croissant, J. G., Mauriello-Jimenez, C., Maynadier, M., Cattoën, X., Wong Chi Man, M., Raehm, L., Mongin, O., Blanchard-Desce, M., Garcia, M., Gary-Bobo, M., Maillard, P., Durand, J. O. (2015b) Synthesis of disulfide-based biodegradable bridged silsesquioxane nanoparticles for two-photon imaging and therapy of cancer cells. *Chemical Communications, 51*(61), 12324–12327. Doi: /10.1039/c5cc03736k

Croissant, J. G., Qi, C., Mongin, O., Hugues, V., Blanchard-Desce, M., Raehm, L., Cattoën, X., Wong Chi Man, M., Maynadier, M., Gary-Bobo, M., Garcia, M., Zink, J. I., Durand, J. O. (2015c) Disulfide-gated mesoporous silica nanoparticles designed for two-photon-triggered drug release and imaging. *Journal of Materials Chemistry B, 3*(31), 6456–6461. Doi:10.1039/c5tb00797f

Croissant, J. G., Fatieiev, Y., Omar, H., Anjum, D. H., Gurinov, A., Lu, J., Tamanoi, F., Zink, J. I., Khashab, N. M. (2016a). Periodic Mesoporous Organosilica Nanoparticles with Controlled Morphologies and High Drug/Dye Loadings for Multicargo Delivery in Cancer Cells. *Chemistry - A European Journal, 22*(28), 9607–9615. Doi: 1002/chem.201600587

Croissant, J. G., Fatieiev, Y., Julfakyan, K., Lu, J., Emwas, A. H., Anjum, D. H., Omar, H., Tamanoi, F., Zink, J. I., Khashab, N. M. (2016b) Biodegradable Oxamide-Phenylene-Based

Mesoporous Organosilica Nanoparticles with Unprecedented Drug Payloads for Delivery in Cells. *Chemistry - A European Journal, 22*(42), 14806–14811. Doi: 10.1002/chem.201601714

Croissant, J. G., Fatieiev, Y., & Khashab, N. M. (2017) Degradability and Clearance of Silicon, Organosilica, Silsesquioxane, Silica Mixed Oxide, and Mesoporous Silica Nanoparticles. *Advanced Materials, 29*(9), 1604634. Doi: 10.1002/adma.201604634

Croissant, J. G., Fatieiev, Y., Almalik, A., Khashab, N. M. (2018). Mesoporous Silica and Organosilica Nanoparticles: Physical Chemistry, Biosafety, Delivery Strategies, and Biomedical Applications. *In Advanced Healthcare Materials 7*(4), 1700381. Doi: 10.1002/adhm.201700831

Datz, S., Engelke, H., Schirnding, C. V., Nguyen, L., Bein, T. (2016) Lipid bilayer-coated curcumin-based mesoporous organosilica nanoparticles for cellular delivery. *Microporous and Mesoporous Materials, 225*, 371–377. Doi: 10.1016/j.micromeso.2015.12.006

Diab, R., Canilho, N., Pavel, I. A., Ha, F. B., Girardon, M., Pasc, A. (2017) Silica-based systems for oral delivery of drugs. *Macromolecules and cells, 249*, 346–362. Doi: 10.1016/j.cis.2017.04.005

Du L, Feng X, Xiang X, Jin Y. (2016) Wound healing effect of an in situ forming hydrogel loading curcumin-phospholipid complex. *Current Drug Delivery*, *13*:76–82. Doi: 10.2174/1567201813666151202195437

Elbialy, N. S., Aboushoushah, S. F., Sofi, B. F., Noorwali, A. (2020) Multifunctional curcumin-loaded mesoporous silica nanoparticles for cancer chemoprevention and therapy. *Microporous and Mesoporous Materials, 291*, 109540. Doi: 10.1016/j.micromeso.2019.06.002

Fatieiev, Y., Croissant, J. G., Julfakyan, K., Deng, L., Anjum, D. H., Gurinov, A., Khashab, N. M. (2015) Enzymatically degradable hybrid organic–inorganic bridged silsesquioxane nanoparticles for in vitro imaging. *Nanoscale, 7* (37), 15046-15050. Doi:10.1039/c5nr03065j

Fertier, L., Théron, C., Carcel, C., Trens, P., Man M. W. C. (2011) pH-Responsive Bridged Silsesquioxane, *Chemistrty of Materials, 23*(8), 2100–2106. Doi: 10.1021/cm103327y

Garg T. (2016) Current nanotechnological approaches for an effective delivery of bio-active drug molecules in the treatment of acne. *Artificial Cells, Nanomedicine and Biotechnology, 44*(1)*,* 98–105. Doi: 10.3109/21691401.2014.916715

Ghalandarlaki, N., Alizadeh, A. M., Ashkani-Esfahani, S. (2014) Nanotechnology applied curcumin for different diseases therapy. *BioMed Research International, 2014,* 394264. Doi: 10.1155/2014/394264

Giret, S., Théron, C., Gallud, A., Maynadier, M., Gary-Bobo, M., Garcia, M., Wonga Chia Man, M., Carcel, C. (2013) A designed 5-fluorouracil-based bridged silsesquioxane as an autonomous acid-triggered drug-delivery system. *Chemistry - A European Journal, 19*(38), 12806–12814. Doi: 10.1002/chem.201301081

Gupta, S. C., Sung, B., Kim, J. H,. Prasad, S., Li, S., Aggarwal, B. B. (2013) Multitargeting by turmeric, the golden spice: from kitchen to clinic. *Molecular Nutrition & Food Research, 57(9),* 1510-28. doi: 10.1002/mnfr.201100741

Hatcher, H., Planalp, R., Cho, J., Torti, F. M., Torti, S. V. (2008) Curcumin: from ancient medicine to current clinical trials. *Cellular and Molecular Life Sciences. 65*(11):1631–1652. Doi: 10.1007/s00018-008-7452-4

Hu, L-C., Yonamine, Y., Lee, S-H., van der Veer, W.E., Shea, K. J. (2012) Light-Triggered Charge Reversal of Organic–Silica Hybrid Nanoparticles. .*Journal of the American Chemical Society, 134*(27), 11072–11075. Doi: 10.1021/ja303118w

Huh, K. M., Lee, S. C., Cho, Y. W., Lee, J., Jeong, J. H., Park, K. (2005) Hydrotropic polymer micelle system for delivery of paclitaxel. *Journal of Controlled Release, 101*(1-3), 59–68. Doi: 10.1016/j.jconrel.2004.07.003

Jambhrunkar, S., Karmakar, S., Popat, A., Yu, M., Yu, C. (2014) Mesoporous silica nanoparticles enhance the cytotoxicity of curcumin. *RSC Advances, 4*(2), 709–712. Doi: 10.1039/c3ra44257h

Jovanovic, S.V., Steenken, S., Boone, C.W., Simic, M.G. (1999) H-Atom Transfer Is A Preferred Antioxidant Mechanism of Curcumin. *Journal of American Chemical Society*, *121*(41), 9677–9681. Doi: 10.1021/ja991446m

Kong, Z., Kuo, H., Johnson, A., Wu, L., Chang, K. L. B. (2019) Curcumin-Loaded Mesoporous Silica Nanoparticles Markedly Enhanced Cytotoxicity in Hepatocellular Carcinoma Cells. *International Journal of Molecular Sciences, 20*(12):2918. Doi: 10.3390/ijms20122918.

Kotcherlakota, R., Barui, A. K., Prashar, S., Fajardo, M., Briones, D., Rodríguez-Diéguez, A., Patra, C. R., Gómez-Ruiz, S. (2016) Curcumin loaded mesoporous silica: An effective drug delivery system for cancer treatment. *Biomaterials Science, 4*(3), 448–459. Doi: 10.1039/c5bm00552c

Li, N., Wang, Z., Zhang, Y., Zhang, K., Xie, J., Liu, Y., Li, W., Feng, N. (2018) Curcumin-loaded redox-responsive mesoporous silica nanoparticles for targeted breast cancer therapy. *Artificial Cells, Nanomedicine and Biotechnology, 46*(2), 921–935. Doi: 10.1080/21691401.2018.1473412

Liang, G., Shao, L., Wang, Y., Zhao, C., Chu, Y., Xiao, J., Zhao, Y., Li, X., Yang, S. (2009) Exploration and synthesis of curcumin analogues with improved structural stability both in vitro and in vivo as cytotoxic agents. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. *17*(6), 2623−2631. Doi: 10.1016/j.bmc.2008.10.044

Lim, E. K., Kim, T., Paik, S., Haam, S., Huh, Y. M., Lee, K. (2015) Nanomaterials for theranostics: Recent advances and future challenges. *Chemical Reviews, 115*(1), 327–394. Doi:10.1021/cr300213b

Lin, Z., Xu, L., Zhang, J., Li, Z., Zhao, J. (2019) Novel Thioacetal-Bridged Hollow Mesoporous Organosilica Nanoparticles with ROS-Responsive Biodegradability for Smart Drug Delivery. *Nano*, *14*(11), 1950141. Doi:10.1142/S1793292019501418

Liu, J., Huang, Y., Kumar, A., Tan, A., Jin, S., Mozhi, A., Liang, X. (2014) pH-Sensitive nano-systems for drug delivery in cancer therapy. *Biotechnology Advances, 32*(4), 693–710. Doi:10.1016/j.biotechadv.2013.11.009

Liu, Y., Ding, X., Li, J., Luo, Z., Hu, Y., Liu, J., Dai, L., Zhou, J., Hou, C., Cai, K. (2015) Enzyme responsive drug delivery system based on mesoporous silica nanoparticles for tumor therapy in vivo. *Nanotechnology*, *26*(14), 145102. Doi:10.1088/0957-4484/26/14/145102

Lungare, S., Hallam, K., & Badhan, R. K. S. (2016) Phytochemical-loaded mesoporous silica nanoparticles for nose-to-brain olfactory drug delivery. *International Journal of Pharmaceutics, 513*(1–2), 280–293. Doi: 10.1016/j.ijpharm.2016.09.042

Maggini, L., Travaglini, L., Cabrera, I., Castro-Hartmann, P., De Cola, L. (2016) Biodegradable Peptide-Silica Nanodonuts. *Chemistry - A European Journal*, *22*(11), 3697–3703. Doi: 10.1002/chem.201504605

Meng, H., Liong, M., Xia, T., Li, Z., Ji, Z., Zink, J. I., Nel, A. E. (2010) Engineered design of mesoporous silica nanoparticles to deliver doxorubicin and p-glycoprotein siRNA to overcome drug resistance in a cancer cell line. *ACS Nano, 4*(8), 4539–4550. Doi: 10.1021/nn100690m

Nasab, N. A., Kumleh, H. H., Beygzadeh, M., Teimourian, S., Kazemzad, M. (2018). Delivery of curcumin by a pH-responsive chitosan mesoporous silica nanoparticles for cancer treatment. Artificial Cells, *Nanomedicine and Biotechnology, 46*(1), 75–81. Doi: 10.1080/21691401.2017.1290648

Nelson, K. M., Dahlin, J. L., Bisson, J., Graham, J., Pauli, G. F., & Walters, M. A. (2017) The Essential Medicinal Chemistry of Curcumin. *Journal of Medicinal Chemistry, 60*(5), 1620–1637. Doi: 10.1021/acs.jmedchem.6b00975

Nie, D., Bian, Z., Yu, A., Chen, Z., Liu, Z., Huang, C. (2008) Ground and excited state intramolecular proton transfer controlled intramolecular charge separation and recombination: A new type of charge and proton transfer reaction. *Chemical Physics, 348*(1-3), 181–186. Doi: 10.1016/j.chemphys.2008.02.065

Palanikumar, L., Kim, H. Y., Oh, J. Y., Thomas, A. P., Choi, E. S., Jeena, M. T., Joo, S. H., Ryu, J. H. (2015) Noncovalent surface locking of mesoporous silica nanoparticles for exceptionally high hydrophobic drug loading and enhanced colloidal stability. *Biomacromolecules*, *16*(9), 2701–2714. Doi: 10.1021/acs.biomac.5b00589

Park, W., Amin, A. R., Chen, Z. G., Shin, D. M. (2013) New perspectives of curcumin in cancer prevention. *Cancer Prevention Research, 6*(5), 387–400. Doi: 10.1158/1940-6207.CAPR-12-0410

Robinson, T. P., Hubbard, R. B., Ehlers, T. J., Arbiser, J. L., Goldsmith, D. J., Bowen, J. P. (2005) Synthesis and biological evaluation of aromatic enones related to curcumin. *Bioorganic* & *Medicinal Chemistry, 13*(12), 4007−4013. Doi: 10.1016/j.bmc.2005.03.054

Shokoofeh Maghari, A. G. (2020) Evaluation of protein corona formation and anticancer efficiency of curcumin-loaded zwitterionic silica nanoparticles. *Nanomedicine Journal*, *7*(2), 149–157. Doi: 10.22038/nmj.2020.07.008

Sun D, Zhuang X, Xiang X, Liu Y, Zhang S, Liu C, Barnes, S., Grizzle, W., Miller, D., Zhang H-G. (2010) A novel nanoparticle drug delivery system: the anti-inflammatory activity of curcumin is enhanced when encapsulated in exosomes. *Molecular Therapy*, *18*(9):1606–1614. Doi: 10.1038/mt.2010.105

Sun, T., Zhang, Y. S., Pang, B., Hyun, D. C., Yang, M., Xia, Y. (2014) Engineered nanoparticles for drug delivery in cancer therapy. *Angewandte Chemie - International Edition, 53*(46), 12320–12364. Doi: 10.1002/anie.201403036

Sun, X., Wang, N., Yang, L. Y., Ouyang, X. K., Huang, F. (2019) Folic acid and pei modified mesoporous silica for targeted delivery of curcumin. *Pharmaceutics*, *11*(9), 430. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics11090430

Tamvakopoulos, C., Dimas, K., Sofianos, Z. D., Hatziantoniou, S., Han, Z., Liu, Z. L., Wyche, J. H., Pantazis, P. (2007) Metabolism and anticancer activity of the curcumin analogue, dimethoxycurcumin. *Clinical Cancer Research. 13*(4), 1269−1277. Doi: 10.1158/1078-0432.CCR-06-1839

Taverna, S., Fontana, S., Monteleone, F., Pucci, M., Saieva, L., De Caro, V., Cardinale, V. G., Giallombardo, M., Vicario, E., Rolfo, C., Leo, G. D., Alessandro, R. (2016) Curcumin modulates chronic myelogenous leukemia exosomes composition and affects angiogenic phenotype via exosomal miR-21. *Oncotarget*, 24;7(21):30420-39. Doi: 10.18632/oncotarget.8483.

Teiten, M. H., Dicato, M., Diederich, M. (2014) Hybrid curcumin compounds: a new strategy for cancer treatment. *Molecules. 19*(12), 20839–20863. Doi: 10.3390/molecules191220839

Tiwari, N., Nawale, L., Sarkar, D., Badiger, M. V. (2017) Carboxymethyl Cellulose-Grafted Mesoporous Silica Hybrid Nanogels for Enhanced Cellular Uptake and Release of Curcumin, *Gels*, *3*(1), 8. Doi:10.3390/gels3010008

Wu, G. Q., Chai, K. Q., Zhu, X. M., Jiang, H., Wang, X., Xue, Q., et al. (2016) Anti-cancer effects of curcumin on lung cancer through the inhibition of EZH2 and NOTCH1. *Oncotarget*, *7*(18)*,* 26535–26550. doi: 10.18632/oncotarget.8532.

Wu, M., Meng, Q., Chen, Y., Zhang, L. (2015) Large Pore-Sized Hollow Mesoporous Organosilica for Redox-Responsive Gene Delivery and Synergistic Cancer Chemotherapy. *Advanced Materials, 28*(10)1963-1969. Doi: 10.1002/adma.201505524

Yang, B., Chen, Y., & Shi, J. (2019) Mesoporous silica/organosilica nanoparticles: Synthesis, biological effect and biomedical application. *Materials Science and Engineering R: Reports 137*, 66–105. Doi: 10.1016/j.mser.2019.01.001

Zhang, Q., Wang, X., Li, P. Z., Nguyen, K. T., Wang, X. J., Luo, Z., Zhang, H., Tan, N. S., Zhao, Y. (2014) Biocompatible, uniform, and redispersible mesoporous silica nanoparticles for cancer-targeted drug delivery in vivo. *Advanced Functional Materials*, *24*(17), 2450–2461. Doi: 0.1002/adfm.201302988

Zhang, Y., Xing, Y., Xian, M., Shuang, S., Dong, C. (2019) Folate-targeting and bovine serum albumin-gated mesoporous silica nanoparticles as a redox-responsive carrier for epirubicin release. *New Journal of Chemistry, 43*(6), 2694–2701. Doi: 10.1039/C8NJ05476B

Zhao, S., Xu, M., Cao, C., Yu, Q., Zhou, Y., Liu, J. (2017) A redox-responsive strategy using mesoporous silica nanoparticles for co-delivery of siRNA and doxorubicin. *Journal of Materials Chemistry B, 5(*33), 6908–6919. Doi: 10.1039/c7tb00613f

Zhou, H., Beevers, C. S., Huang, S. (2011) The targets of curcumin. *Current Drug Targets*. *12*(3):332-47. Doi: 10.2174/138945011794815356.

Zhou, M., Du, X., Li, W., Li, X., Huang, H., Liao, Q., Shi, B., Zhang, X., Zhang, M. (2017) One-pot synthesis of redox-Triggered biodegradable hybrid nanocapsules with a disulfide-bridged silsesquioxane framework for promising drug delivery. *Journal of Materials Chemistry B, 5*(23), 4455–4469. Doi: 10.1039/c6tb03368g

Soğuk Şekillendirilmiş Çelik Yapı Elemanları

Gülhan İNCE[1]
Hüseyin Hakan İNCE[2]

Giriş

Günümüzde, özellikle hızlı, kontrollü ve kolay üretim avantajları yanında yüksek dayanım-ağırlık oranı dolayısıyla hafifliği ile ön plana çıkan hafif çelik yapılara olan ilgi artmaktadır. Hafif çelik yapı, soğuk şekillendirilmiş ince cidarlı elemanlar kullanılarak üretilir. Böylece, soğuk şekillendirilmiş çelik elemanlar modern inşaatlarda giderek daha fazla kullanılmaktadır. Hafif çelik yapı sistemleri Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Kanada'da gibi ülkelerde 1950'li yıllardan beri yaygın şekilde kullanılırken, ülkemizde 1999 Kocaeli ve Düzce Depremlerinden sonra kullanımı artmaya başlamıştır. Ancak diğer ülkelerle karşılaştırıldığında çelik yapı kullanımı halen oldukça düşük seviyededir (Tablo 1). Hafif çelik yapı sistemleri, tasarım ve hesap esasları bakımdan değerlendirildiğinde, 2018 yılında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) 10. Bölümde yer verildiği ancak Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik'te ise (ÇYTHYE, 2016) yer verilmediği görülmektedir.

Hafif çelik yapılar; müstakil ev, afet sonrası veya savaş dönemleri acil konutları, idari bina, ofis gibi konut türü yapılar, atölye, depo, hangar gibi endüstri yapıları, sahne, stant, konteyner gibi geçici yapılar ve endüstri raf sistem yapıları şeklinde farklı amaçlara yönelik olarak kullanılmaktadır.

Tablo 1. 2010 ve 2020 Yıllarında Dünyada Çelik Prefabrik Konutların Diğer Yapı Çeşitlerine Göre Yüzdelerinin Karşılaştırılması (Of & Öztürk, 2022)

ÜLKELER	ÇELİK YAPI STOKU 2010	ÇELİK YAPI 2020
ABD	%25	%75
JAPONYA	%15	%75
ÇİN	%30	%80
İNGİLTERE	%10	%65
TÜRKİYE	%3	%10

Soğuk Şekil Verilmiş Çelik

Soğuk şekillendirilmiş çelik ürünler modern yaşamın her alanında yer almaktadır. Bu ürünlerin kullanım alanları "teneke" kutulardan temel kazıklarına, klavye tuşlarından yapı taşıyıcı sistem elemanlarına kadar çok sayıda ve çeşitlidir. Günümüzde, soğuk şekillendirme işlemi kullanılarak çelikten geniş bir şekil, boyut ve uygulama çeşitliliğine sahip çok sayıda farklı ürün üretilmektedir. Bina yapımında soğuk şekillendirilmiş çelik elemanların kullanımı 1850'lerde hem Amerika Birleşik Devletleri'nde hem de Büyük Britanya'da başlamıştır. Ancak, bu tür çelik elemanlar 1940 yılına kadar binalarda yaygın olarak kullanılmamıştır (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012). 1946

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
[2] Dr. Öğr. Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

yılından bu yana Amerika Birleşik Devletleri'nde ince duvarlı soğuk şekillendirilmiş çelik konstrüksiyonun kullanımı ve gelişimi, Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü'nün (American Iron and Steel Institute (AISI)) "Soğuk Şekillendirilmiş Çelik Yapı Elemanlarının Tasarımı için Şartname" sinin çeşitli baskılarının yayınlanmasıyla hız kazanmıştır (Yu, LaBoube & Chen, 2020).

Genel olarak, soğuk şekillendirilmiş çelik yapı elemanları, bina yapımında aşağıdaki avantajları sağlar (Yu, LaBoube & Chen, 2020):

1. Daha kalın sıcak haddelenmiş şekillerle karşılaştırıldığında, soğuk şekillendirilmiş hafif çelik elemanlar nispeten hafif yükler ve/veya kısa açıklıklar için üretilebilir.
2. Soğuk şekillendirme işlemleri ile çok çeşitli kesit tipleri ekonomik olarak üretilebilir ve sonuç olarak uygun mukavemet-ağırlık oranları elde edilebilir.
3. İç içe geçebilen kesitler üretilebilir, bu da kompakt paketleme ve nakliyenin yanı sıra ekonomik yapısal uygulamaların geliştirilmesine olanak tanır.
4. Yük taşıyan paneller ve tabliyeler zemin, çatı ve duvar yapımı için uygun yüzeyler sağlayabilir.
5. Yük taşıyıcı paneller ve döşemeler sadece yüzeylerine gelen normal yüklere dayanmakla kalmaz, aynı zamanda birbirlerine ve destekleyici elemanlara uygun şekilde bağlandıkları takdirde kendi düzlemlerindeki kuvvete karşı koymak için kesme diyaframları olarak da hareket edebilirler.

Ahşap ve beton gibi diğer malzemelerle karşılaştırıldığında, soğuk şekillendirilmiş çelik yapı elemanlarının üstün özellikleri şunlardır (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012):

- Hafiflik;
- Yüksek mukavemet ve rijitlik;
- 12m'ye kadar uzun açıklıklar sağlayabilme;
- Prefabrikasyon ve seri üretim kolaylığı;
- Hızlı ve kolay montaj ve kurulum;
- Hava koşullarından kaynaklanan gecikmelerin önemli ölçüde ortadan kaldırılması;
- Daha doğru detaylandırma;
- Ortam sıcaklıklarında büzülmez ve sünmez;
- Gereksiz kalıp kullanımı yoktur;
- Termit geçirmez ve çürümez;
- Üniform kalite;
- Taşıma ve nakliyede ekonomi;
- Yanmazlık;
- Geri dönüştürülebilir malzeme;

Soğuk şekillendirilmiş çelik elemanlar nispeten ince çelik sacdan üretilir ve korozyon koruması üreticiler ve tasarımcılar için birincil öneme sahiptir. Kaplamasız çelik, bir koruyucu kaplama yöntemi ile kaplanmadığı takdirde korozyona maruz kalır. En yaygın korozyon koruyucu kaplama yöntemi metalik sıcak daldırma çinko galvanizlemedir. Endüstride çelik sac için başka koruyucu kaplama yöntemleri de (%55 Al-Zn gibi) mevcuttur ve sıcak daldırma çinko galvanizlemeye eşdeğer korozyon koruması sağlar. Deniz veya endüstriyel atmosferler gibi daha ağır koşullar için daha yoğun bir kaplama gerekebilir. Buna ek olarak, daha yüksek nem veya rutubet seviyelerinin korozyon riskini artırabileceği birleşim bölgesindeki bağlantı ve birleşim elemanları için daha yoğun kaplama önerilir (Mahamid, Gaylord & Gaylord, 2020).

Soğuk şekillendirilmiş çelik yapıların kullanımı, özellikle çinko veya alüminyum/çinko kaplamalı formda daha ekonomik çelik ruloların üretilmesiyle dünya genelinde artmaktadır. Bu rulo saçlar daha sonra soğuk şekillendirme işlemi ile ince cidarlı kesitler haline getirilir. Kalınlıkları normalde 3 mm'den az olduğu için genellikle "Hafif kesitler" olarak adlandırılırlar. Bununla birlikte, daha yakın zamandaki gelişmeler 25 mm'ye kadar kesitlerin soğuk şekillendirilmesine izin vermiştir ve yaklaşık 8 mm kalınlığa kadar açık kesitler bina yapımında yaygınlaşmaktadır. Bu kesitler için kullanılan çelik 250 MPa ila 550 MPa arasında değişen bir akma gerilmesine sahip olabilir. Çelik üreticileri yüksek mukavemetli çeliği daha ekonomik bir şekilde ürettikçe daha yüksek akma

gerilmesine sahip çelikler de daha yaygın hale gelmektedir. Soğuk şekillendirilmiş yapısal çelik imalatlarının pazar payı gelişmiş dünyada artmaya devam etmektedir. Bunun nedenleri arasında üretim ve korozyon koruma teknolojisinin gelişmesi ve bunun sonucunda ortaya çıkan ürünlerin rekabet gücünün artması ve yeni uygulamalar yer almaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, galvanizli çelik elemanlar için kaplama kaybının yeterince yavaş olduğunu ve aslında 60 yılı aşan bir tasarım ömrünün garanti edilebilmesi için etkin bir şekilde sıfıra kadar yavaşladığını göstermiştir. Soğuk şekillendirilmiş çelik profillerin özellikle yük taşıyan yapısal bileşenler olarak kullanım alanı çok geniştir; konut, ofis ve endüstriyel binalar, otomobil endüstrisi, gemi yapımı, demiryolu taşımacılığı, uçak endüstrisi, otoyol mühendisliği, tarım ve endüstri ekipmanları, ofis ekipmanları, kimya, madencilik, petrol, nükleer ve uzay endüstrilerini kapsar (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012).

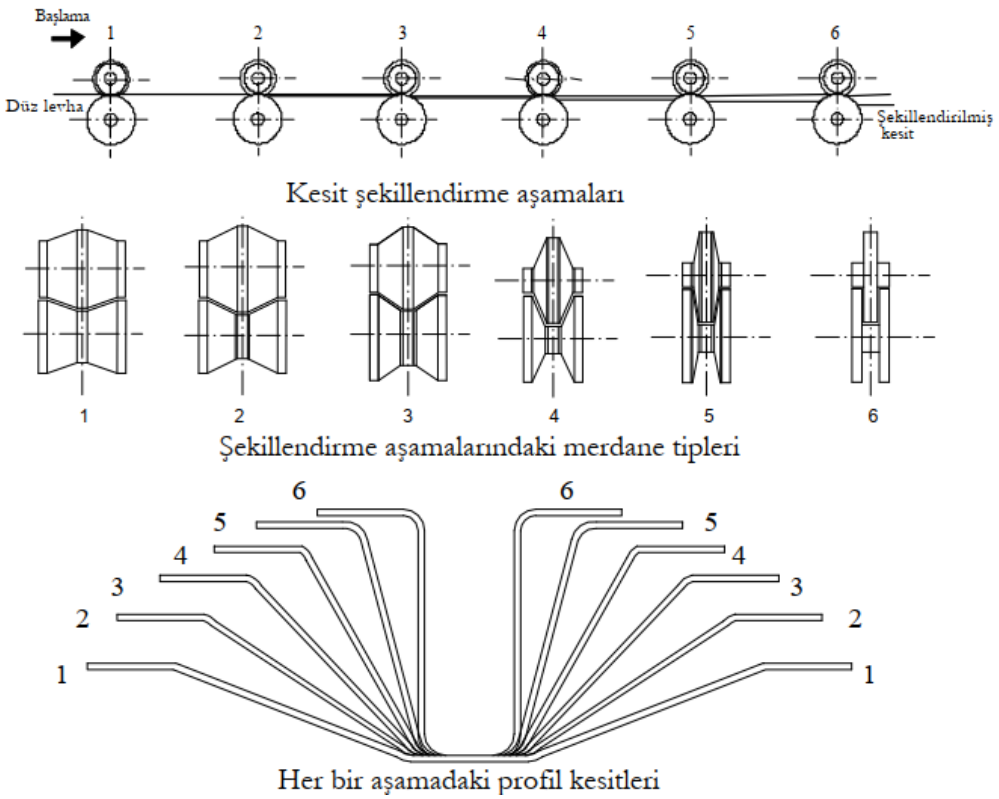
Soğuk şekillendirilmiş çelik için çeşitli kesitler mevcuttur ve kesit aynı zamanda soğuk şekillendirilmiş çeliğin mekanik özelliklerini etkileyen bir faktördür. Soğuk şekillendirme işlemi sırasında soğuk şekillendirilmiş çeliğin mekanik özelliklerinin değişmesinin ardındaki temel nedenler olarak üç olgu kabul edilir ve bunlar gerinim yaşlanması, pekleşme ve Bauschinger etkisidir. Pekleşme, plastik deformasyon ile malzeme kristalindeki yeniden düzenleme nedeniyle çeliğin bir tür güçlenmesidir. Gerinim yaşlanması, çeliğin elastik aralıkta gerildikten sonra yaşlanmaya maruz kaldığında maksimum yük taşıma kapasitesinin artmasıdır. Bauschinger bu olguyu (1887) yılında gözlemlemiştir (Billah, İslam & Ali, 2019).

Soğuk Şekil Verme Yöntemleri

Soğuk şekillendirilmiş elemanlar aşağıdaki iki işlemden biri ile üretilir. Bunlar:

- Haddeleme ile şekillendirme
- Bükme (kıvırma) ve Abkant pres ile şekillendirme

Haddeleme, istenen şekli oluşturmak üzere çeliğin plastik olarak aşamalı olarak şekil değiştirmesi için sürekli bir çelik şeridin bir dizi karşılıklı merdaneden geçirilmesinden ibarettir. Her bir merdane çifti Şekil 1'de gösterilen tipte bir dizide sabit miktarda şekil değişimi oluşturur. Şekil 1'de gösterildiği gibi her bir karşılıklı merdane çifti bir aşama olarak adlandırılır. Genel olarak, kesit şekli ne kadar karmaşıksa, gereken aşama sayısı da o kadar fazla olur. Soğuk şekillendirilmiş dikdörtgen içi boş kesitler söz konusu olduğunda, merdaneler başlangıçta kesiti dairesel bir kesit haline getirir ve son haddelemeden (boyutlandırma olarak adlandırılır) önce şeridin karşılıklı kenarları arasına kare veya dikdörtgen şeklinde bir kaynak uygulanır (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012).



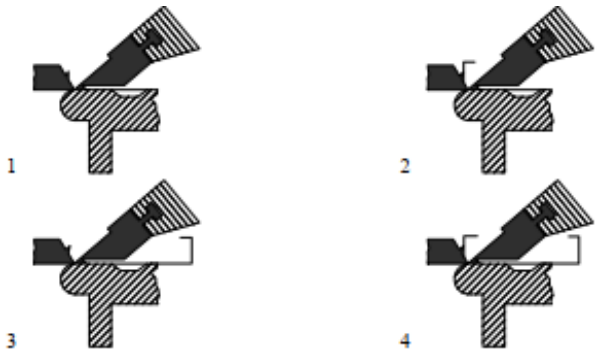
Şekil 1. Haddeleme ile basit bir kesitin şekillenirildirme aşamaları (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012)

Şekil 2'de uzun levhaların soğuk şekillendirilmesi için kullanılan endüstriyel haddeleme hattı gösterilmiştir. Haddeleme ile şekillendirmenin önemli bir dezavantajı, farklı boyuttaki kesitler için merdane değiştirme süresidir. Bu nedenle, uygulamada farklı bir kesit genişliği veya derinliğine hızlı bir şekilde geçişi sağlayan ayarlanabilir merdaneler sıklıkla kullanılır.



Şekil 2. Endüstriyel haddeleme hattı (URL1, 2022)

Bükme (kıvırma) ile manuel şekil verme, kısa boydaki ve basit geometriye sahip elemanların bir malzeme tabakasından bir dizi bükme ve katlama işlemleriyle üretildiği basit bir işlemdir (Şekil 3). Bu işlem sınırlı bir uygulama alanına sahiptir.



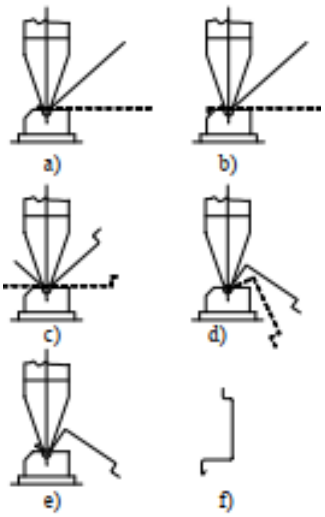
Şekil 3. Bükme (kıvırma) ile şekil verme (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012)

Abkant pres ile şekil verme daha yaygın olarak kullanılır ve bu işlemle daha çeşitli kesit tipleri üretilebilir. Burada, profil şeklini oluşturmak için şeridin şekilli kalıplar arasında preslenmesiyle bir şerit uzunluğunda bir kesit oluşturulur (Şekil 4). Genellikle her bir kıvırma ayrı ayrı yapılır. Bu yöntemin kullanımı, oluşturulabilecek profil şekli ve genellikle daha da önemlisi üretilebilecek kesit uzunluklarına bağlıdır. Endüstride 8 m uzunluğunda elemanlar üretebilen Abkant presler bulunmasına rağmen, Abkant presle üretim normalde 5 m'den daha kısa kesitlerle sınırlıdır (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012). Tipik bir Abkant presi Şekil 5'de gösterilmiştir.

Abkant pres işlemi aşağıdaki koşullar altında kullanılabilir:

1. Kesit basit bir tasarıma sahipse
2. Gerekli miktar az ise

Abkant pres işleminde kullanılan ekipman, esasen hareketli bir üst tabla ve istenen ürün için uygun kalıpların monte edildiği sabit bir alt yataktan oluşur. L, U ve Z kesitleri gibi basit kesitler, sac, şerit, plaka veya çubuktan abkant pres işlemi ile en fazla iki işlemde oluşturulur. Daha karmaşık kesitler birkaç işlem gerektirebilir. Ürünlerin maliyetinin genellikle üretimde kullanılan imalat sürecinin türüne bağlı olduğu unutulmamalıdır (Yu, LaBoube & Chen, 2020).



Şekil 4. Abkant pres ile şekil verme aşamaları (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012)

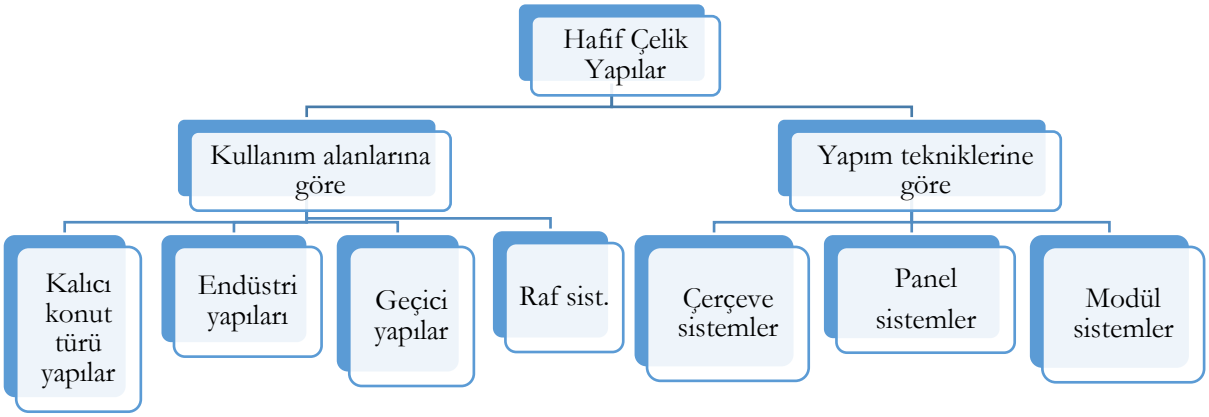


Şekil 5. Abkant pres (URL2, 2022)

Haddeleme yöntemi genellikle belirli bir şekilden çok büyük miktarlarda üretim gerektiğinde kullanılır. İlk kurulum maliyetleri yüksektir ancak sonraki işçilik maliyetleri düşüktür. Abkant presle imalat normalde çeşitli şekillerin gerekli olduğu ve haddeleme maliyetlerinin mantıklı olmadığı düşük hacimli üretimler için kullanılır (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012).

Hafif Çelik Yapı Sistemleri

Malzemeden bağımsız olarak, her tür yapıda olduğu gibi, hafif çelik yapılarda da yapının düşey yükler yanında rüzgar ve deprem gibi etkilere dayanıklı tasarımı önemli bir konudur. Hafif çelik yapı sistemleri kullanım amaçlarına göre kalıcı (ofis, konut türü) yapılar, endüstri yapıları, geçici yapılar ve raf sistemleri olarak yapım tekniklerine göre ise çerçeve sistem, panel sistem ve modül sistem olarak sınıflandırılabilir (Şekil 6). Konut türü yapılarda, soğuk şekillendirilmiş profillerin en çok kullanıldığı taşıyıcı elemanlar; kolonlar, taşıyıcı duvarlar, kompozit döşemeler ve döşeme kirişleri, olarak sayılabilir.



Şekil 6. Hafif çelik yapıların sınıflandırılması

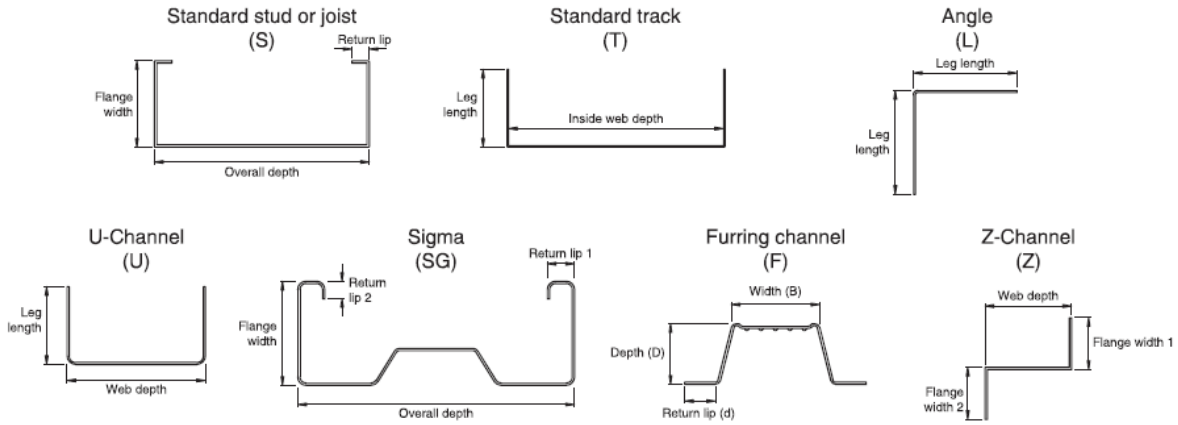
Hafif çelik depo, hangar gibi endüstri yapılarında ise kafes kiriş, kolon, duvar panelleri gibi taşıyıcı elemanlar yaygın olarak soğuk şekillenmiş profillerle üretilirler (Öztürk, 2014). Bu tür yapılarda birincil elemanlar; yapısal çelik, rijit çerçeveler, ikincil elemanlar; soğuk şekillendirilmiş çelik duvar kirişleri ve çatı aşıkları, metal çatı ve duvar kaplama sistemleri şeklinde olabilir. Endüstriyel raf sistemleri, genellikle mekanik taşıma ekipmanı tarafından rafa yerleştirilen paletli, konteynerli veya büyük birim yükleri depolamak için geliştirilmiştir. Çelik depolama rafları, soğuk şekillendirilmiş çeliğin başlıca uygulamalarından biridir (Mahamid, Gaylord & Gaylord, 2020). Sahne, stant ve şantiyelerde konaklama için kullanılan kapalı alanlar gibi yapılar hafif çelik profiller kullanılarak rahatlıkla üretilen geçici yapılardır (Öztürk, 2014).

Hafif çelik yapı taşıyıcı sistemleri üç şekilde kurulabilir:

1. Çerçeve sistem: Taşıyıcı elemanları fabrikada üretilir ve tüm sistem elemanları şantiyede birleştirilir.
2. Panel sistem: Taşıyıcı elemanları fabrikada üretilir, bu elemanların gereken şekilde montajı yapılarak yine atölye veya fabrika ortamında paneller oluşturulur. Duvar ve döşeme panelleri şantiyeye getirilerek birleştirilir.
3. Modül sistem: Taşıyıcı elemanları yine fabrikada üretilir, tüm eleman ve paneller atölye veya fabrikada ortamında monte edilerek modüller oluşturulur. Üretilen modüller şantiyede birbirlerine birleşimi sağlanır.

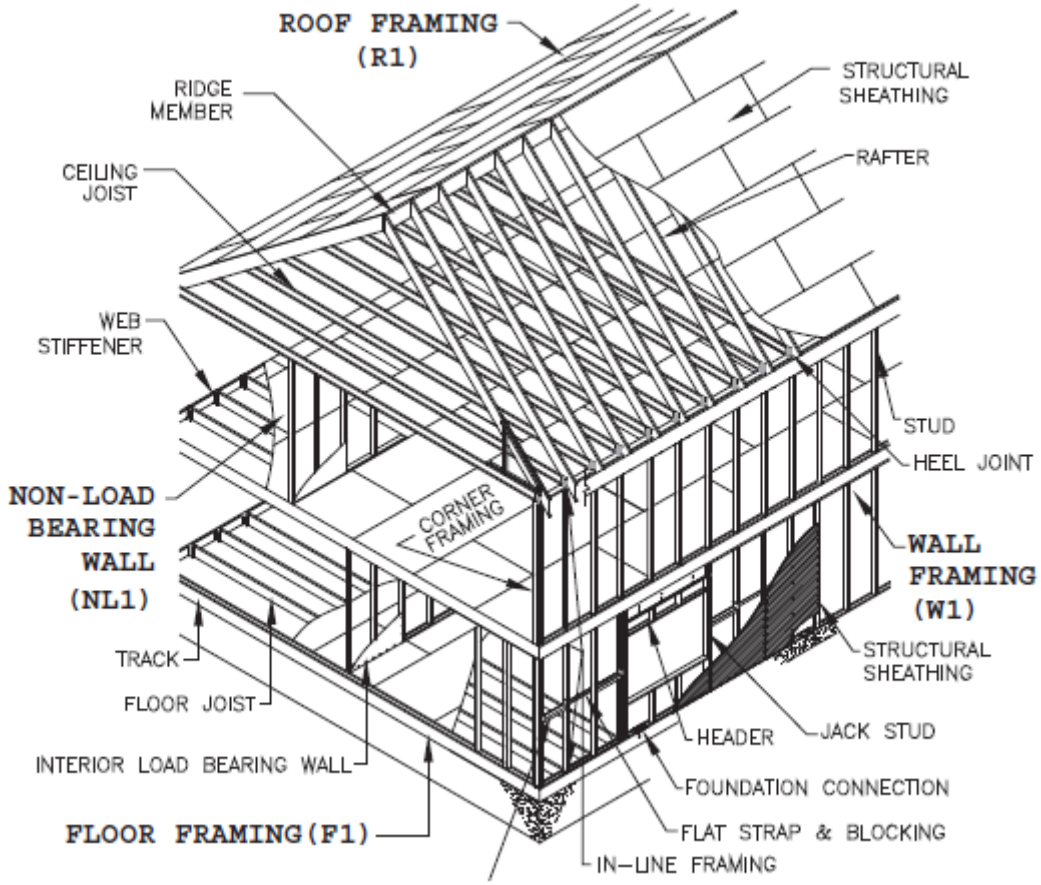
Çerçeve Sistem

Hafif çelik çerçeve sistem, soğukta şekil verilmiş çerçeve elemanlarıyla oluşturulur. Çerçeve elemanları esas olarak kiriş, kolon ve kafes kiriş elemanları ve bunlarla birlikte duvar, çatı ve döşeme sistemi olarak sayılabilir. Tek çubuk taşıyıcı çerçeve elemanı olarak kullanılan soğuk şekillendirilmiş çelik yapı elemanları, panel ve döşeme olarak kullanılan elemanlara kıyasla farklı kesit, kalınlık ve özelliklere sahiptir. Çerçeve elemanları; C-kesitleri, Z-kesitleri, köşebentler, şapka (hat) kesitleri, I-kesitleri, T-kesitleri ve boru şeklindeki elemanlar vb. gibi şekillere sahip olabilir. İç kıvrımlı C ve Z kesitleri, kalınlıkları 1,2 mm ila 3,2 mm arasında değişen en yaygın kesitler olarak kabul edilir (Davies, 2000). Çerçeve sistemlerde sık kullanılan kesitler Şekil 7'de verilmiştir. Sigma kesit, yüksek yük taşıma kapasitesine sahiptir ve standart C kesitlerden daha yüksek burulma rijitliğine sahiptir. Ayrıca, hafiftir ve daha küçük bir boşluk boyutuna sahiptir (Billah, İslam & Ali, 2019).



Şekil 7. Yaygın kullanılan soğuk şekillendirilmiş kesitler (Mahamid, Gaylord & Gaylord, 2020)

Hafif çelik çerçeve sistemlerde, duvar veya döşeme sistemi de çok sayıda küçük taşıyıcı profillerden oluşmaktadır (Şekil 8, Şekil 9). Duvar veya döşeme panellerinin diyagonal elemanlar ve kaplama elemanları kullanılarak rijitliği arttırılır. Çerçeve sistemler, panel sistemlere göre daha maliyetli ve yapım hızı daha düşüktür. (Ayaydın & Koman, 2004; Yıldırım, 2010).



Şekil 8. Tipik hafif çelik konut türü bina elemanları (Yu, LaBoube & Chen, 2020)

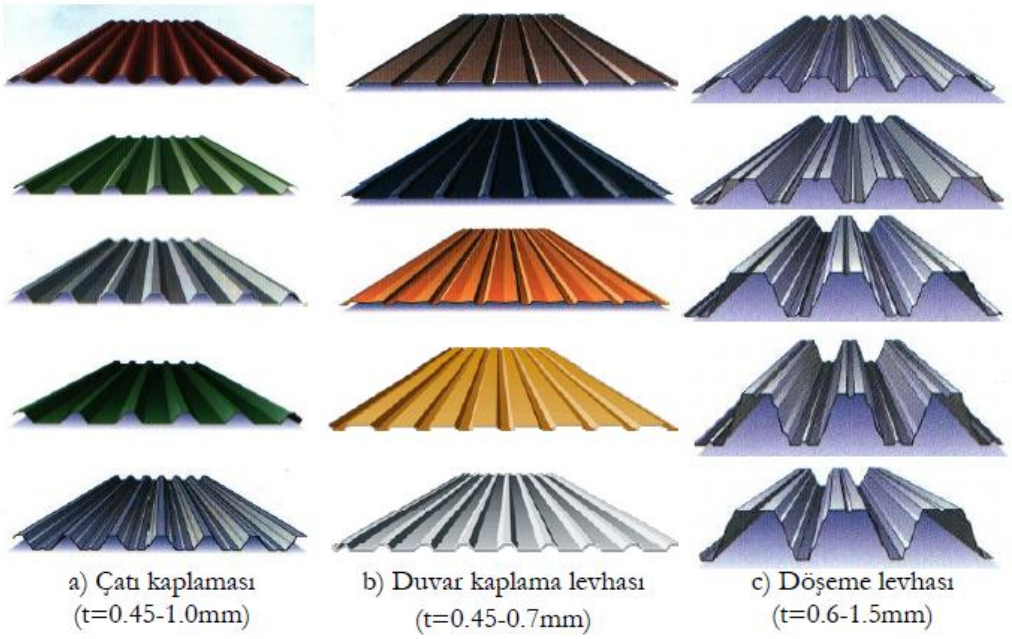


Şekil 9. Çerçeve sistem konut inşaatı (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012)

Panel Sistemler

Soğuk şekillendirilmiş panel sistem elemanları duvar, çatı ve döşeme panelleri olarak sayılabilir. Duvar, döşeme ve çatı panelleri, soğuk şekillendirilmiş çelik çubuk elemanlar ile birlikte soğuk şekillendirilmiş çelik paneller ve tabliyeler kullanılarak üretilir. Bu soğuk şekillendirilmiş çelik panellerin derinliği ve kalınlığı genellikle sırasıyla 20 ila 200 mm ve 0,4 ila 1,5 mm arasında değişir (Şekil 10) (Billah, İslam & Ali, 2019).

Panel sistemler, özellikle tekrar eden tasarımlar kullanıldığında, hızlı bir şekilde tasarlanıp üretilmesiyle ortaya çıkan, hızlı üretim ve montaj avantajıyla uygun maliyetli sistemlerdir. Bir fabrikada ön kurulumu gerçekleştirilmiş duvar, çatı ve döşeme panelleri şantiye alanına doğrudan taşınabilir ve kurulumu hızlı bir şekilde gerçekleştirilir (Şekil 11). Bu sistemin kullanılabilmesi için temellerin aynı kot seviyesinde olması tavsiye edilir. Temellerin tek bir kot seviyesinde olmadığı durumlarda panellerin temel üzerine montajı için fazla zaman gerekmektedir (Eren, 2014).



Şekil 10. Panel levhalar (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012)



Şekil 11. Panel sistem bina inşaatı (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012)

Modül Sistem

Modül sistem elemanları, duvar ve döşeme panellerini birleştirilmesi ile üç boyutlu olarak üretilen modül (hücre) elemanlardır (Şekil 12). Modüller arasındaki tolerans payları önemlidir. Bu sistemin yapımı tamamen fabrika ortamında gerçekleştiği için hava koşullarından etkilenmez ve kontrollü bir ortamda inşaat imkanı sağlar. Böylelikle yapım hızlı ve seri bir şekilde gerçekleşir ve bu süreçte zaman tasarrufu sağlar. Modüler yapılar halihazırdaki bir binaya ek olarak yapılabilmekte ve tasarıma bağlı olarak yer değiştirebilmekte aynı zamanda tekrar kullanılabilmektedir (Eren, 2014).



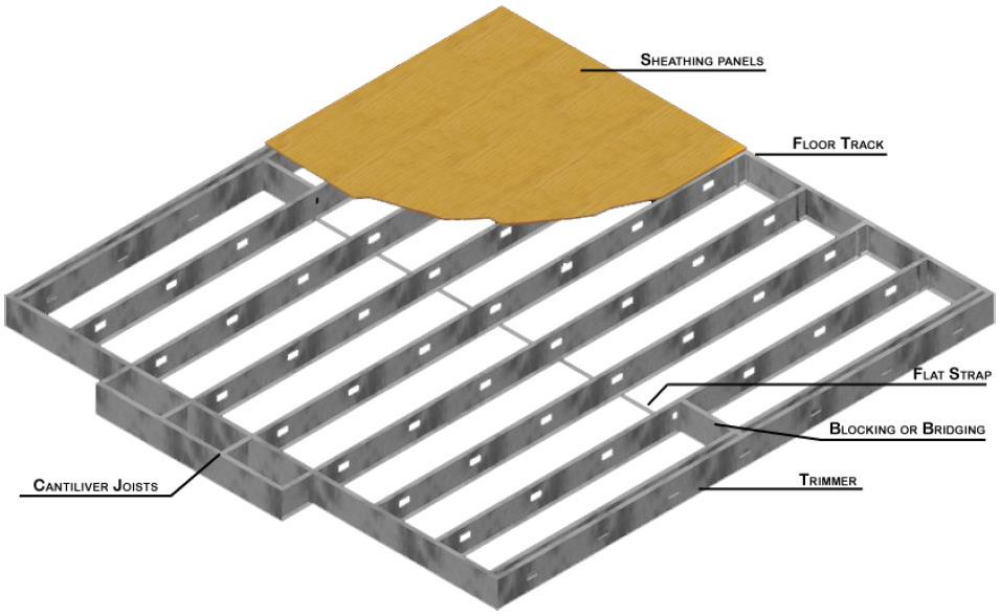
Şekil 12. Modül sistem (Iorio, 2009)

Döşeme Panelleri

Döşemeler, alçı ve ahşap esaslı panellerle kaplanmış yatay yük taşıyıcı elemanlarla (kirişler) oluşturulur. Kirişler genellikle 300-600 mm aralıklı C veya Z şekilli elemanlardır ve her iki uçtan bir döşeme rayına sabitlenir (Şekil 13).

Kirişin her iki ucuna, elemanı gövde buruşmasına karşı güçlendirmek için gövde takviyeleri yerleştirilir. Döşeme açıklıkları, kirişin derinliğine ve tipine bağlı olarak yaklaşık 4 metre ila 6 metre arasında değişir. Açıklıklar üretici kataloglarından alınabilir ancak sorumlu mühendis tarafından kontrol edilmelidir. Açıklık çok büyük olduğunda, C kesitli elemanlar (döşeme blokajı) kirişlere dik yönde monte edilir ve kirişler ile bu elemanlar arasındaki sürekliliği sağlamak için alt tarafa düz

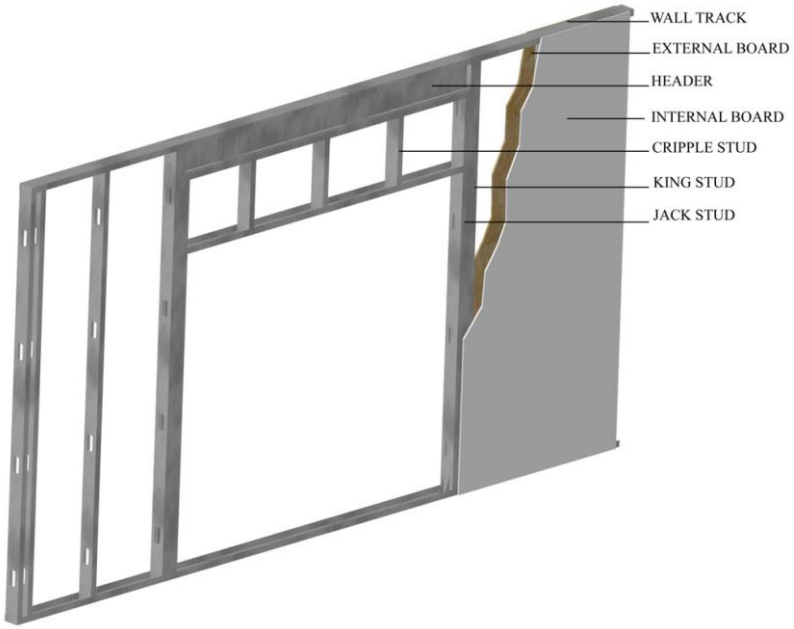
kuşaklar bağlanır. Yeterli düzlem içi davranışı sağlamak için, altta sabitlenmiş düz kuşak elemanlarla gerçekleştirilen X-çaprazlama veya kaplamanın kendisi çapraz sistemi olarak uygulanabilir (Dubina, Ungureanu & Landolfo, 2012)



Şekil 13. Tipik döşeme paneli (Iorio, 2009)

Duvar Panelleri

Duvar tasarımı, duvarın işlevine bağlı olarak değişebilir. Duvarlar, taşıyıcı duvarlar ve taşıyıcı olmayan duvarlar olarak ikiye ayrılabilir. Ana yapı, döşeme kirişleri doğrultusunda 300-600 mm aralıklarla yerleştirilmiş düşey yük taşıyıcı elemanlar olan dikmelerden oluşur. Dikmeler her iki uçtan, dikmeleri yanal olarak destekleme ve yükleri dikmeler arasında dağıtma işlevine sahip olan duvar raylarına sabitlenir. Dikmeyi yükseklik boyunca güçlendirmek için, orta duvar yüksekliğinde iç kıvrımlı C profilleri (bloklama) eklemek oldukça yaygın bir uygulamadır (Şekil 14).

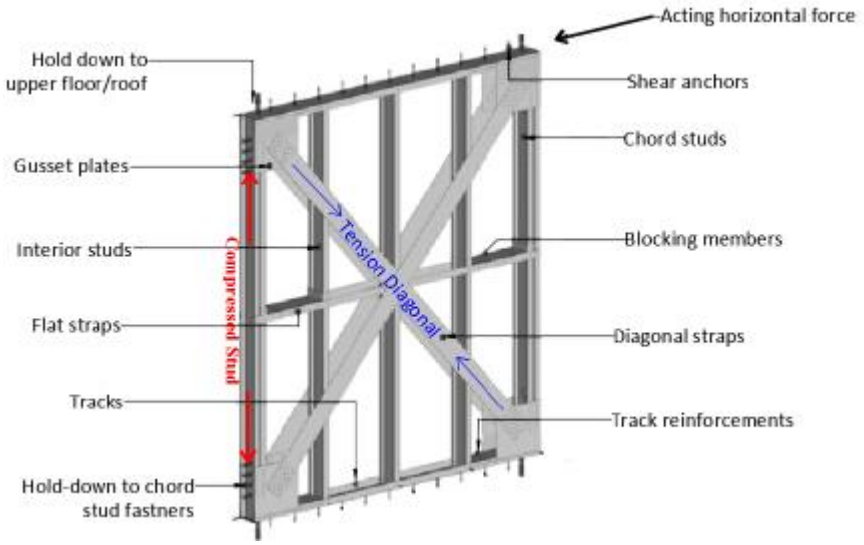


Şekil 14. Tipik duvar paneli (Iorio, 2009)

Duvarlar yanal yük dayanımlı sistem olarak düşünüldüğünde; üst katlardan ve çatıdan aktarılan düşey yükleri taşımanın yanı sıra rüzgar ve deprem etkilerden kaynaklanan yatay yüklere karşı da dayanım göstermelidir. Bunun için; özellikle yatay düzlem içi etkilere karşı koyma kapasitesi aşağıdaki gibi farklı sistemlerle elde edilebilir.

- X çaprazlama, duvar her iki tarafına yatay çelik kuşak yerleştirilmesi ve tüm kuşakların uçlarında bloklama yapılması (Şekil 15),
- Dikmelerin bir veya her iki tarafına yapısal kaplama levhalarının sabitlenmesi,
- Bir tarafta yapısal kaplama ve diğer tarafta yatay çelik kuşaklar (karma çözüm)

Yapısal kaplama elemanlarının uzun yönünün dikmelere paralel olacak şekilde monte edilmesine ve tüm yüksekliği kapsamasına dikkat edilmelidir.



Şekil 15. Tipik X çaprazlı duvar paneli (Shakeel, 2020)

Soğuk Şekillendirilmiş Çelik Eleman Tasarım Esasları

Soğuk şekillendirilmiş çelik bina yapılarını tasarlarken, tasarımcı ince cidarlı kesitlerin davranışını ve performansını karakterize eden dört önemli durumu dikkate almak gerekir.

Bunlar;

- Kesitlerin stabilitesi ve yerel dayanımı,
- Bağlantı teknolojisi ve ilgili tasarım prosedürleri,
- Süneklik, plastik tasarım ve süneklik ile ilgili olan taşıyıcı sistem davranış katsayısı,
- Yangın dayanımıdır.

Geleneksel çelik konstrüksiyon ile karşılaştırıldığında, soğuk şekillendirilmiş çelik yapıların yapısal elemanlarının genel olarak narin elemanlar olduğu gerçeği, basınç eğilmesinde elemanların etkili kesitlerinin hesabını gerektirir.

Bu yapıların genel stabilitesi, ön kusurlara ve ikinci mertebe etkilere karşı hassasiyeti, uygun analizler ve tasarımla dikkatlice kontrol edilmesini gerektirir (Veljkovic & ark., 2015).

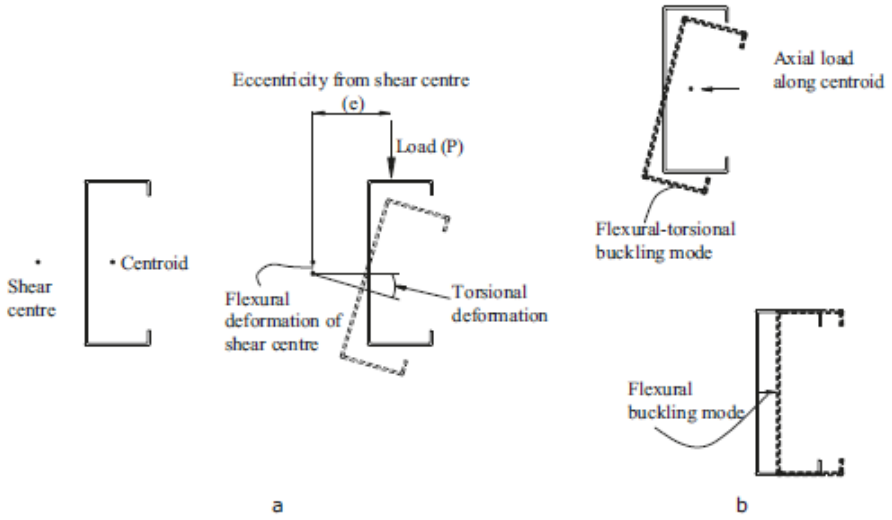
Gövde buruşması

Yoğun yük ve mesnet noktalarındaki gövde buruşması, soğuk şekillendirilmiş çelik yapı elemanlarında ve kaplamalarda çeşitli nedenlerden dolayı kritik olabilir. Bu nedenler:

- Soğuk şekillendirilmiş elemanların gövdelerinin derinlik/kalınlık oranları yani narinlik oranları genellikle sıcak haddelenmiş yapı elemanlarına göre daha büyüktür.
- Birçok durumda, gövdeler dikey olmaktan ziyade eğimlidir.
- Soğuk şekillendirilmiş bir elemanın yükün uygulandığı başlık ve gövdesi arasındaki ara eleman, genellikle sonlu yarıçaplı bir kıvrımdan oluşur. Bu nedenle yük, gövdeden eksantrik olarak uygulanır.
- Tasarım kodlarına, gövde buruşmasından kaynaklanan deformasyonlara karşı koruma sağlamak için özel tasarım kuralları verilmektedir.

Burulma rijitliği

Soğuk şekillendirilmiş kesitler normalde incedir ve sonuç olarak düşük burulma rijitliğine sahiptirler. Soğuk şekillendirme ile üretilen kesitlerin çoğu tek simetrilidir ve kesme merkezleri ile ağırlık merkezleri çakışmaz (Şekil 16). Bu nedenle, bu eksantrisite ince cidarlı bir kirişte burulma deformasyonları oluşturur. Sonuç olarak, genellikle ince cidarlı kirişlerin, burulma deformasyonlarını önlemek için ya aralıklarla ya da uzunluk boyunca sürekli olarak burulmaya karşı desteklenmeleri gerekir. Genellikle uygun şekilde desteklenmedikleri takdirde, düşük burulma rijitliklerine sahip, Z ve C gibi kesitlere sahip aşıklarda eğilmeli burulmalı burkulma durumu ortaya çıkar. Buna ek olarak, eksenleri boyunca eksenel olarak yüklenen kolonlar için, yükün kayma merkezi ekseninden eksantrikliği, eğilmeli burkulma durumundan daha düşük bir yükte, eğilmeli burulmalı burkulmaya neden olabilir. Bu nedenle, bu tür tek simetrili kolonlar için eğilmeli-burulmalı burkulma durumunun kontrol edilmesi gereklidir (Veljkovic & ark., 2015).



Şekil 16. Burulma deformasyonları: (a) eksantrik yüklenmiş C kesitli kiriş; (b) eksenel yüklenmiş C kesitli kolon (Veljkovic & ark., 2015)

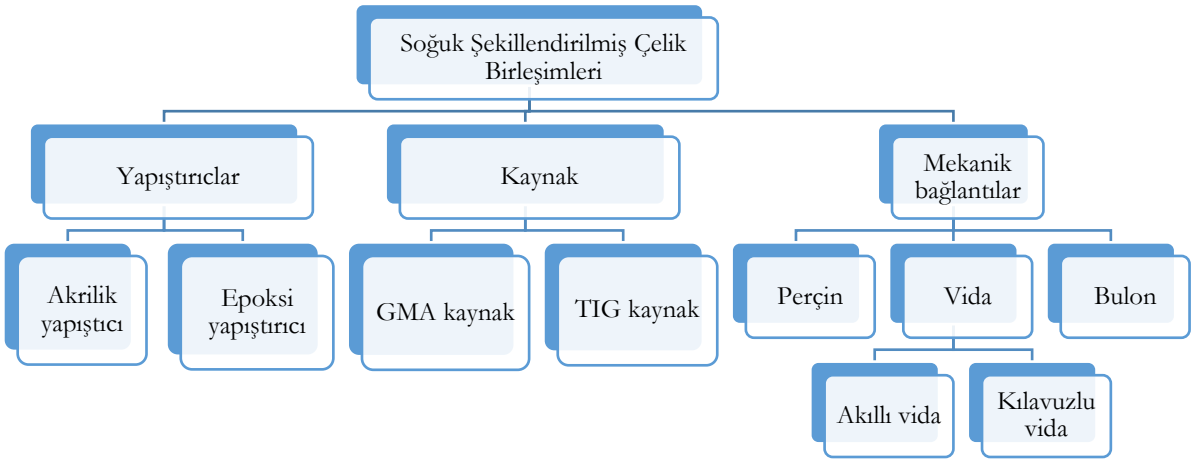
Süneklik ve plastik tasarım

Esas olarak kesit burkulması nedeniyle, aynı zamanda soğuk şekillendirmenin pekleşme üzerindeki etkisi nedeniyle, soğuk şekillendirilmiş çelik kesitler düşük sünekliğe sahiptir ve genellikle plastik tasarıma izin verilmez. Düşük süneklikleri nedeniyle, soğuk şekillendirilmiş çelik kesitler depreme dayanıklı yapılarda enerjiyi dağıtamaz. Bununla birlikte, bu kesitler depreme dayanıklı yapılarda kullanılabilir, çünkü ağırlıklarının hafif olmasından dolayı yapısal faydalara sahiptirler, ancak sadece elastik tasarıma izin verilir (Veljkovic & ark., 2015).

Birleşimler

Çelik konstrüksiyonda kullanılan bulon ve ark kaynağı gibi geleneksel birleşim yöntemleri soğuk şekillendirilmiş çelik profiller için mevcuttur ancak cidar kalınlığının inceliği nedeniyle

genellikle daha az uygundur ve genellikle ince malzemelere daha uygun özel teknikler kullanılır. Soğuk şekillendirilmiş çelik elemanları bağlamak için kullanılan başlıca bağlantı elemanları mekanik bağlantı elemanları, kaynak ve yapıştırıcı bağlama olarak sınıflandırılabilir (Şekil 17) (Yu, Chung & Wong, 2005; Billah, Islam & Ali, 2019).



Şekil 17. Soğuk şekillendirilmiş çelik birleşim yöntemleri

Mekanik Bağlantı Elemanları:

Somunlu bulonlar, elemanları önceden delinmiş deliklerden bağlayan popüler mekanik bağlantı elemanlarından biridir. İnce kalınlıklı kesitler için kullanılan normal bulon çapı M5-M16'dır. Bulonlu bağlantı durumunda, bulonun aşırı dönmesi sac malzemenin yırtılmasına neden olabilir. Bu durumda, çatı kaplama sacı tipi malzemeyi soğuk şekillendirilmiş elemanlara bağlamak için vida kullanımının çok etkili olduğu düşünülmektedir (Karamanlidis, & Gesch-Karamanlidis, 1986). Vidalar, çatı makasları ve diğerleri gibi soğuk şekillendirilmiş çelik çerçeve sistemleri için de uygulanabilir. Soğuk şekillendirilmiş bağlantıda genellikle kendinden kılavuzlu ve akıllı vidalar kullanılır. Perçinler, bağlantıyı basit ve ekonomik hale getirmek için soğuk şekillendirilmiş bağlantıda kullanılan bir başka mekanik bağlantı elemanı türüdür.

Kaynak ve yapıştırıcı ile birleşim:

Kaynak, soğuk şekillendirilmiş elemanları birleştirmek için önemli bir yöntemdir. GMA (gaz metal ark) kaynağı, manuel ark kaynağı, TIG (tungsten-inert gaz) kaynağı, plazma kaynağı soğuk şekillendirilmiş elemanları birleştirmek için yaygın yöntemlerdir.

Yapıştırıcılar, soğuk şekillendirilmiş bağlantıda bağlantı elemanı ile birlikte iyi bir yapışma sağlamak için kullanılır. Yapıştırılmış bağlantılar yükleri eşit olarak dağıtır. Epoksi yapıştırıcı ve akrilik yapıştırıcı soğuk şekillendirilmiş çelik bağlantıları için yaygın olarak kullanılır. Akrilik yapıştırıcı epoksi türlerine göre daha esnektir (Billah, İslam & Ali, 2019).

KAYNAKÇA

Ayaydın, Y. & Koman, İ. (2004). *12 soruda beton prefabrikasyon*. İstanbul: Yapı Endüstri Merkezi.

Billah, M., Islam, M. M., & Ali, R. B. (2019). Cold formed steel structure: An overview. *World Scientific News*, (118), 59-73.

ÇYTHYE, (2016). *Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları.* Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

Davies, J. M. (2000). Recent research advances in cold-formed steel structures. *Journal of constructional steel research*, *55*(1-3), 267-288.

Dubina, D., Ungureanu, V. & Landolfo, R. (2012). *Design of Cold-formed Steel Structures*. ECCS – European Convention for Constructional Steelwork.

Eren, Ö., (2019). *Hafif Çelik Yapı Tasarım Konstrüksiyon Uygulama.* İstanbul: Arı Sanat Yayınevi.

Iuorio, O. (2009). *Design Procedures for Cold-formed steel housing in seismic area,* PhD Thesis, University G. D'Annunzio, Pescara, Italy.

Karamanlidis, D., & Gesch-Karamanlidis, H. (1986). Geometrically and materially nonlinear finite element analysis of thin-walled frames: numerical studies. *Thin-walled structures*, *4*(4), 247-267.

Mahamid, M., Gaylord, E. H. & Gaylord, C. N. (2020). *Structural Engineering Handbook* (Fifth Edition). McGraw Hill.

Of, N. & Öztürk, S. (2022). Depremlerden Sonraki Yeniden Yapılanma Süreci Üzerine Küresel Bir Araştırma: Çelik Prefabrik Malzeme Kullanımının Gerekliliği. *Afet ve Risk Dergisi*, *5*(1), 346-360.

Shakeel, S. (2020). *In plane seismic performance assessment of Lightweight Steel Walls used for Structural and Non-structural applications.* PhD thesis, Department of Structures for Engineering and Architecture, University of Naples "Federico II", Italy.

TBDY, (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Kurallar.* Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

URL1, (2022). https://www.coeffortmachinery.com/roll-forming-machine-working-principle/ (Erişim tarihi: 15.12.2022)

URL2, (2022). https://www.metfab.ca/en/product/press-brake-pb110/ (Erişim tarihi: 15.12.2022)

Veljkovic, M., Simões da Silva, L., Simões, R., Wald, F., Jaspart, J., Weynand, J., Dubină, D., Landolfo, R., Vila Real, P., Gervásio, H. (2015). *Eurocodes: Background* & *Applications Design of Steel Buildings: Worked examples*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Yıldırım, S. G. (2010). *Türkiye'de Az Katlı Konutlar için Yarı Açık Hafif Çelik Yapım Sistemi Önerisi*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Yu, W. K., Chung, K. F., & Wong, M. F. (2005). Analysis of bolted moment connections in cold-formed steel beam–column sub-frames. *Journal of constructional steel research*, *61*(9), 1332-1352.

Yu, W. W., LaBoube, R. A. & Chen, H. (2020). *Cold-Formed Steel Design* (Fifth Edition). John Wiley & Sons, Inc.

Ağırlıklı Derece Kırchhoff İndeksi İçin Yaklaşımlar

Gülistan KAYA GÖK[1]

1. Giriş

Graf kuramı öyküsü, Euler'in ünlü makalesi olarak "Königsberg'in Yedi Köprüsü" ismiyle 1736'da yazılmıştır. O yıllarda, Königsberg' deki her iki taraftan akan Pregel Nehri üzerinde Kneiphof adası ve üzerinde yedi farklı köprü vardır. Bu kasaba halkı, tüm yolu geçmenin mümkün olup olmadığını merak etmektedir. Her köprüde sadece bir kez kıyıdan geçip, başlangıç noktasına geri dönülerek yolu tamamlamanın çözümü araştırılır. Bu soru, İsviçreli matematikçi Leonhard Euler tarafından, çizgiler ve düğümlerden oluşan bir yapıya dönüştürülür. Bunun sonucunda da, bu yapı problemin çözümünü ortaya koyar ve bu oluşan yapı graf olarak isimlendirilir.

Graf teori; Matematik, Kimya, Fizik ve Bilgisayar gibi birçok alanda incelenir. Graf teorinin uygulamaları birçok karmaşık ve geniş kapsamlı sorunun çözümü için kullanılmaktadır. Ekonomi, yönetim bilimi, satış ve pazarlama gibi alanlar modern hayatın sorunlarını kapsar. Problemlerin tanımlanmasında ve yapısal ilişkilerde de bilgi aktarımı ve ulaşım planlanması için kullanılır. Graf, aslında noktaların bir koleksiyonudur. Her biri, basitçe noktalar veya bu noktaları birleştiren bir graf düğümüdür. Örneğin; şehirleri köşe olarak gösteren ve yolları birbirine bağlayan yol haritaları kenar olarak tanımlanır. Grafı tanımlamak için öncelikle düğüm kümesini tanımlamak gerekir. Daha sonra hangi kenarların hangi düğümlere bağlı olduğu belirtilmelidir. Bir kenar, her iki uçta da bir düğüme sahip olarak tanımlandığından, grafikteki tüm kenarların uç noktalarını bir düğümle ilişkilendirmek gerekir.

Graf kuramı araştırmalarında yer alan konulardan biri de graf indeksleridir. Graf indekslerin önemli bir kısmı da özellikle kimyasal graf teorisinde kullanılan topolojik indekslerdir. Kimyasal graf teori, bir molekülün topolojik temsilini yapabilir.[5]

Bir topolojik indeks, bir molekülü temsil eden bir grafdan hesaplanır ve bu indeks de değişmez graf sayısıdır. Bu kimyasal yapının sayısal değerleri tanımlayıcıdır. En çok tavsiye edilen topolojik indeksler köşe, kenar, derece ilişkisinden oluşur. Bu, kimyasal graf teorideki atomik ilişkiyi açıklar. Yani, graf teorinin organik bileşiklere hesaplamalar ve diyagramlar oluşturma ile katkıda bulunduğu anlamına gelir. Bu yazıda, Derece Kirchhoff indeksi ve Ağırlıklı Derece Kirchhoff indeksi incelenerek moleküler grafikler için bazı yeni sınırlar elde edilmiştir.

Direnç mesafesi r_{ij}, G'deki v_i ve v_j tepe noktaları arasında tanımlanır. Bu mesafe, elektronik ağların ilgili iki düğümü arasındaki dirençtir. Ohm ve Kirchhoff kanunları vasıtasıyla direnç elektrik ağlarının prensibi ile bulunur. Kirchhoff indeksi, direnç mesafesi matrisi [3],[6] tarafından $Kf(G) = \sum_{i<j} r_{ij}$ olarak tanımlanır.

Kirchhoff indeksi kimyanın birçok alanında kullanılmaktadır. Polisiklik yapıların moleküler grafikleri, sirkülasyon grafikleri, mesafe-sıra grafikleri ve Mobius merdivenleri bunlardan bazılarıdır. Kirchhoff indeksi, molekülün zincir yapısına topolojik bir yaklaşım getirir. Bu indeks ile makromolekülün topolojik yarıçap, ortalama kare dönme yarıçapı ve içsel viskozite ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Bu, oldukça karmaşık ve dallanmış polimerlerin çalışmasına katkıda bulunmuştur.

[1] Dr. Öğ. Üyesi, Hakkari Üniversitesi

Yaklaşımlarındaki Kirchhoff indeksinin, bu moleküllerin topolojik yarıçapı R_{top}'u incelemek için özellikle yararlı olduğu kanıtlanmıştır. [2],[6].

Bu yazının amacı, derece Kirchhoff indeksi için köşeler (atom sayısı), kenarlar (bağlar), maksimum tepe derecesi (değerlik) gibi yapı üsleri aracılığıyla noktalara ve kenarlara ağırlık koyarak farklı bir yapı oluşturmaktır. Ayrıca, Ağırlıklı Derece Kirchhoff indeksi derecesi hakkında sınırlar verilerek moleküller için özel bağlantılar elde edilmesidir. Bir tanımlayıcının sınırları, moleküler yapısal parametrelerle ilişkili bir tanımlayıcının yaklaşık alanını belirlediklerinde, bir molekül (veya grafiği) hakkında önemli raporlar vermektedir.

2. Ön Bilgiler

Bu bölümde, Ağırlıklı Derece Kirchhoff indeksini tanımlamak için gerekli bilgiler verilecektir.

2.1. Tanım: G = (V,E) bir graf olmak üzere, G'nin herhangi iki noktası arasında en az bir kenar bulunuyorsa, bu noktalara komşu noktalar denir. '$\sim$' ile gösterilir.

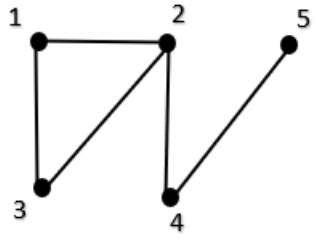
2.2. Tanım: G=(V,E) grafının bir noktasına bağlı kenar sayısına o noktanın derecesi denir. 'd' ile gösterilir. Bir noktanın alabileceği en büyük derece Δ, en küçük derece δ ile gösterilir.

2.3. Tanım: G, n noktalı basit bir graf olsun. G'nin komşuluk matrisi, $A(G)=(a_{ij})_{nxn}$ ile gösterilir ve elemanları,

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & i \sim j \\ 0 & diğer\ durumlarda \end{cases}$$

şeklinde tanımlanır. Komşuluk matrisi reel, simetrik bir matris olduğundan tüm öz değerleri reeldir. $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ öz değerler olmak üzere $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \cdots \geq \lambda_n$'dir. λ_1 en büyük öz değer olmak üzere $|\lambda_1|$ değerine spektral yarıçap denir.

Örnek 2.1. V(G)={1,2,3,4,5} ve E(G)={12,13,23,24,45}



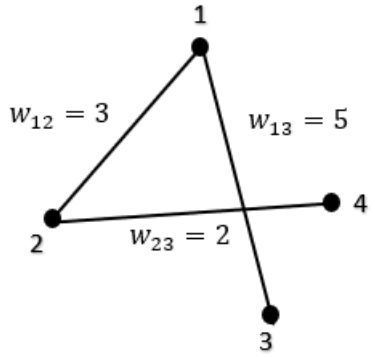
$$A(G) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Tanım: G, n noktalı basit, bağlantılı ve ağırlıklı bir graf olsun. G'nin ağırlıklı komşuluk matrisi, $A(G)=(a_{ij})_{nxn}$ ile gösterilir ve elemanları,

$$a_{ij} = \begin{cases} w_{ij} & i \sim j \\ 0 & diğer\ durumlarda \end{cases}$$

şeklinde tanımlanır. Bu ağırlıklar matris ya da sayı olarak eklenebilir.

Örnek 2.2. V(G)={1,2,3,4} ve E(G)={12,13, 24}.



$$A_w(G) = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 5 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 2 \\ 5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2.4. Tanım: G bir (n,m) graf olsun. K = K(G), n mertebesindeki kare matrisi göstersin ve k_{ij} de (i; j)-girişini göstersin. Kirchhoff matrisini tanımlarken Ağırlıklı Komşuluk matrisi kullanılır. Kirchhoff matrisi, r_{ij} direnç mesafesi olmak üzere,

$$k_{ij} = \begin{cases} r_{ij} & v_i \sim v_j \\ 0 & diğer\ durumlarda \end{cases}$$

şeklinde ifade edilir.

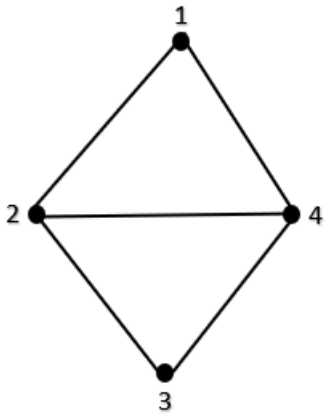
$X_1, X_2, \ldots, X_n$, K(G)'nin öz değerleri olsun. Bu sayılara genellikle G'nin Kirchhoff öz değerleri denir. Direnç mesafesi, entegre ve ağ bağlantılı Laplacian matrisinin öz değerleri ve öz vektörlerinin yardımıyla da elde edilebilir.

2.5. Tanım: Bir G grafının Kirchhoff Laplacian matrisi KL(G) = KD(G)-KA(G) şeklinde tanımlanır. Burada KD(G), Kirchhoff derece matrisi ve KA(G), Kirchhoff komşuluk matrisidir. KD(G)=diag ($k_1, k_2, \ldots, k_n$) dir. [1], [4], [10], [13].

$$kl_{ij} = \begin{cases} k_i & i = j \\ -1 & i \sim j \\ 0 & diğer\ durumlarda \end{cases}$$

Kirchhoff Laplacian matrisin öz değerleri $Y_1, Y_2, \ldots, Y_n$ ile gösterilsin. Bu öz değerler, reel ve simetrik olup $Y_1 \geq Y_2 \geq \cdots \geq Y_n = 0$ şeklindedir.

Örnek 2.3. V(G)={1,2,3,4} ve E(G)={12,14, 23, 24, 34}



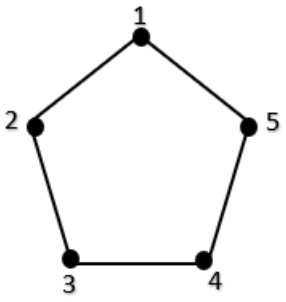
$$KL(G) = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & -1 \\ -1 & 3 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 3 \end{bmatrix}$$

2.6. Tanım: [2] G'nin Kirchhoff indeksi Laplacian öz değerleri yardımıyla

$$Kf(G) = n\sum_{i=1}^{n-1}\frac{1}{Y_i}$$

olarak tanımlanır.

Örnek 2.4. V(G)={1,2,3,4,5} ve E(G)={12,15, 23, 34, 45}



Kirchhoff Laplacian matrisinin öz değerleri; Y_1=-1,6180, Y_2=-1,6180, Y_3=0,6180, Y_4=0,6180, Y_5=0 dır. $Kf(G) = 5\sum_{i=1}^{4}\frac{1}{Y_i} = 2{,}0001.$

2.7. Tanım: [3], [9], [12], [15] G'nin normalleştirilmiş Kirchhoff Laplacian matrisi şu şekilde gösterilir:

$$KNL(G) = KD(G)^{\frac{-1}{2}}KL(G)KD(G)^{\frac{1}{2}}$$

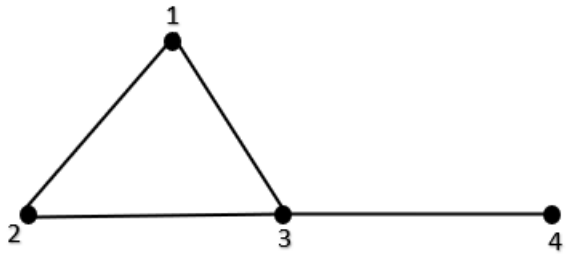
Burada KD(G) derece matrisi olarak ifade edilir. Bu matrisin elemanları;

$$knl_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ \dfrac{-1}{\sqrt{k_i k_j}} & i \sim j \\ 0 & diğer\ durumlarda \end{cases}$$

olarak ifade edilir.

Normalleştirilmiş Kirchhoff Laplacian matrisinin öz değerleri de Z_0, Z_1,…,Z_{n-1}' dır.

Örnek 2.5. V(G)={1,2,3,4} ve E(G)={12,13, 23, 34}



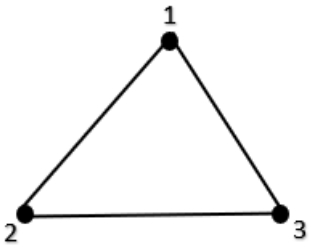
$$KNL(G) = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{\sqrt{6}} & 0 \\ -\frac{1}{2} & 1 & -\frac{1}{\sqrt{6}} & 0 \\ -\frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{1}{\sqrt{6}} & 1 & -\frac{1}{\sqrt{6}} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{\sqrt{6}} & 1 \end{bmatrix}$$

2.8. Tanım: [8], [10] G'nin derece Kirchhoff indeksi

$$K'f(G) = 2m\sum_{i=0}^{n-2}\frac{1}{Z_i}$$

olarak tanımlanır.

Örnek 2.6. V(G)={1,2,3} ve E(G)={12,13,23}.



Şekildeki grafın Normalleştirilmiş Kirchhoff Laplacian matrisinin öz değerleri; $Z_0=\frac{3}{2}$, $Z_1=\frac{3}{2}$, $Z_3=0$. $K'f(G)=8$'dir.

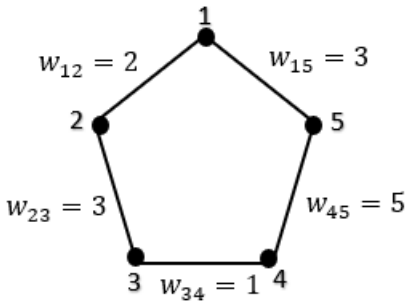
3. Ağırlıklı Kirchhoff İndeks-Ağırlıklı Derece Kirchhoff İndex Tanımı

3.1. Tanım: Bir G grafının Ağırlıklı Kirchhoff indeksi, her bir kenarına ağırlık koyarak elde edilen Ağırlıklı Kirchhoff Laplacian matrisinin öz değerleri ile hesaplanır. Ağırlıklı Kirchhoff Laplacian matrisinin elemanları; i=j iken w_i, i∼j iken $-w_{ij}$ ve diğer durumlarda 0'dır. w_i i noktasının ağırlığıdır. Ağırlıklı Kirchhoff Laplacian matrisinin öz değerleri;

$Y_{w1}, Y_{w2}, \ldots, Y_{wn}$ olarak gösterilirse Ağırlıklı Kirchhoff indeksi aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$Kf_w(G) = n\sum_{i=1}^{n-1}\frac{1}{Y_{wi}}.$$

Örnek 3.1. V(G)= {1,2,3, 4, 5} ve E(G)= {12,15, 23, 34, 45}.

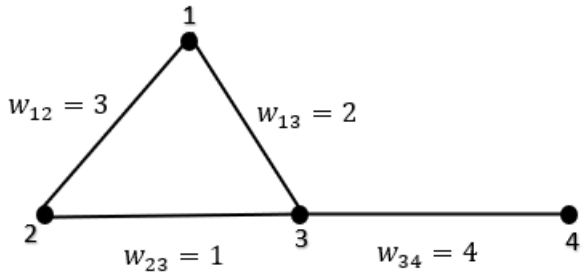


$KNL_w(G) = \begin{bmatrix} 5 & -2 & 0 & 0 & -3 \\ -2 & 5 & -3 & 0 & 0 \\ 0 & -3 & 4 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 6 & -5 \\ -3 & 0 & 0 & -5 & 8 \end{bmatrix}$ olup öz değerleri; Y_{w1}=12,869, Y_{w2}=8,416, Y_{w3}=4,542, Y_{w4}=2,163, Y_{w5}=0. $Kf_w(G) = 5\sum_{i=1}^{4}\frac{1}{Y_{wi}} = 4{,}38$'dir.

3.2. Tanım: Bir G grafının Ağırlıklı Derece Kirchhoff indeksi Ağırlıklı Normalleştirilmiş Kirchhoff Laplacian matrisi ile belirlenir. Ağırlıklı Normalleştirilmiş Kirchhoff Laplacian matrisi; i=j iken w_{ij}, i∼j iken $\frac{-w_{ij}}{\sqrt{k_i k_j}}$ ve diğer durumlarda 0 olarak tanımlanır. w_i, i noktasından çıkan kenar ağırlıklarının toplamı olarak tanımlanır. Bu ağırlıklar sayı ile ifade edilir. Ağırlıklı Normalleştirilmiş Kirchhoff Laplacian matrisinin öz değerleri Zw_0, $Zw_1, \ldots, Zw_{n-1}$ olarak tanımlanırsa, Ağırlıklı Derece Kirchhoff indeksi aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$K'f_w(G) = 2m\sum_{i=0}^{n-2}\frac{1}{Z_{wi}}.$$

Örnek 3.2. V(G)={1,2,3, 4} ve E(G)={12,13, 23, 34}.



$KNL_w(G) = \begin{bmatrix} 5 & -\frac{3}{\sqrt{20}} & -\frac{2}{\sqrt{35}} & 0 \\ -\frac{3}{\sqrt{20}} & 4 & -\frac{1}{\sqrt{28}} & 0 \\ -\frac{2}{\sqrt{35}} & -\frac{1}{\sqrt{28}} & 7 & -\frac{4}{\sqrt{28}} \\ 0 & 0 & -\frac{4}{\sqrt{28}} & 4 \end{bmatrix}$ olup öz değerleri; Zw_1=7,231, Zw_2=5,314, Zw_3=3,845, Zw_4=3,610. O halde, $K'f_w(G) = 8\sum_{i=0}^{2}\frac{1}{Z_{wi}} = 6{,}9$ 'dur.

4. Ağırlıklı Derece Kirchhoff İndeksi İçin Sınırlar

Teorem 4.1. [11] G, her bir kenar ağırlığı pozitif sayısı olan basit bağlantılı ağırlıklı graf olsun. Bu takdirde,

$$Z_{w1} \leq \max_i(1 + \sum_{k\sim i}\frac{w_{ik}}{w_k}).$$

Teorem 4.2. G, kenar ağırlığı pozitif tam sayı olan basit bir graf olsun. Bu grafın Ağırlıklı Derece Kirchhoff İndeksi

$$K'f_w(G) \geq \frac{2m(n-1)}{\max_i 1 + \sum_{k\sim i} w_{ik}w_k}$$

şeklindedir.

İspat: Ağırlıklı Derece Kirchhoff İndeksinin tanımından,

$$K'f_w(G) = 2m\sum_{i=0}^{n-2}\frac{1}{Z_{wi}} \geq 2m\left(\sum_{i=0}^{n-2}\frac{1}{Z_{w1}}\right) = 2m(n-1)\frac{1}{Z_{w1}}.$$

O halde, Teorem 4.1'i kullanarak,

$$K'f_w(G) \geq \frac{2m(n-1)}{\max_i(1 + \sum_{k\sim i}\frac{w_{ik}}{w_k})}$$

elde edilir.

Sonuç 4.3. G, ağırlıksız basit, bağlantılı bir graf olsun. Bu grafın Ağırlıklı Derece Kirchhoff İndeksi

$$K'f_w(G) \geq \frac{2m(n-1)}{\max_i(1+\sum_{k\sim i}\frac{1}{d_k})}.$$

Teorem 4.4. [11] G basit bağlantılı ağırlıklı graf olsun. Bu takdirde, w_{ij}, ij kenarının p mertebeli pozitif tanımlı ağırlık matrisi olmak üzere,

$$Z_{w1} \leq \max_i\{1 + Z_{w1}\sum_{k\sim i} -w_i^{\frac{-1}{2}} w_{ik} w_k^{\frac{-1}{2}}\}.$$

Teorem 4.5. G, kenar ağırlığı pozitif tanımlı bir matris olan basit bir graf olsun. Bu grafın Ağırlıklı Derece Kirchhoff İndeksi

$$K'f_w(G) \geq \frac{2m(n-1)}{\max_i\{1 + Z_{w1}\sum_{k\sim i} -w_i^{\frac{-1}{2}} w_{ik} w_k^{\frac{-1}{2}}\}}$$

şeklindedir.

İspat: Teorem 4.2' nin ispatına benzer şekilde yapılır.

Lemma 4.6 [11] Bir *G* grafının tüm noktaları kullanılsın. G' nin bazı kenarları da kullanılarak oluşan ve devir içermeyen alt grafına ***geren ağaç*** denir. Bir grafdaki geren ağaçların sayısının tamamı *t*(*G*) ile gösterilir. Geren ağaç sayısı, normalize edilmiş Laplacian matrisin öz değerleri ile belirlenir. Yani; $t = t(G) = \frac{\Delta}{2m}\prod_{i=0}^{n-2} z_{wi}$ şeklinde elde edilir.

Lemma 4.7 [7], [14] Eğer $a_1, a_2, \dots, a_n$'ler pozitif tam sayılar ise

$$n(\tfrac{1}{n}\textstyle\sum_{i=1}^{n} a_i - (\prod_{1=1}^{n} a_i)^{\frac{1}{n}}) \leq n\sum_{i=1}^{n} a_i - (\sum_{i=1}^{n}\sqrt{a_i})^2.$$

Teorem 4.8. G, n noktalı ve m kenarlı, bağlantılı bir graf olsun. $n \geq 2\ ve\ n \neq 4$ olmak üzere aşağıdaki eşitsizlik sağlanır:

$$K'f_w(G) \geq \frac{2m(n-2)}{(4-n)\left(\frac{2mt}{\Delta}\right)^{\frac{1}{n-2}}}.$$

İspat: Lemma 3.2'yi kullanarak, a_i'ler (i=1,2,…,n) Ağırlıklı Derece Kirchhoff indeksinin öz değerleri olarak ele alınırsa,

$$(n-2)\left(\frac{1}{n-2}\sum_{i=0}^{n-2}\frac{1}{z_{wi}} - \left(\prod_{i=0}^{n-2}\frac{1}{z_{wi}}\right)^{\frac{1}{n-2}}\right) \leq (n-2)\sum_{i=0}^{n-2}\frac{1}{z_{wi}} - (\sum_{i=0}^{n-2}\sqrt{\frac{1}{z_{wi}}})^2$$

eşitsizliği elde edilir. Burada, Ağırlıklı Derece Kirchhoff indeksin tanımını uygularsak,

$$\frac{K'f_w(G)}{2m} - \frac{n-2}{\left(\prod_{i=0}^{n-2} z_{wi}\right)^{\frac{1}{n-2}}} \leq \frac{(n-2)K'f_w(G)}{2m} - (\sum_{i=0}^{n-2}\sqrt{\frac{1}{z_{wi}}})^2$$

$t = t(G) = \frac{\Delta}{2m}\prod_{i=0}^{n-2} z_{wi}$ olduğundan,

$$\frac{(3-n)K'f_w(G)}{2m} \leq \frac{n-2}{\left(\frac{2mt}{\Delta}\right)^{\frac{1}{n-2}}} - \sum_{i=0}^{n-2}(\sqrt{\frac{1}{z_{wi}}})^2$$

bulunur. O halde, eşitsizlik düzenlenirse,

$$K'f_w(G) \geq \frac{2m(n-2)}{(4-n)\left(\frac{2mt}{\Delta}\right)^{\frac{1}{n-2}}}.$$

elde edilir.

Sonuç 4.9. G, n noktalı ve m kenarlı, bağlantılı bir graf olsun. $n \geq 2\ ve\ n \neq 4$ olmak üzere aşağıdaki eşitsizlik sağlanır:

$$K'f_w(G) \geq \frac{2m(n-2)}{(4-n)\left(\frac{2m}{\Delta}\right)^{\frac{1}{n-2}}}.$$

5. Sonuç

İndeksler, kimyasal grafik teorisinde önemli tahmin yapılarıdır. Kirchhoff indeksi, molekülün zincir yapısına topolojik bir yaklaşım getirir. Bu yazıda, Ağırlıklı Kirchhoff indeksi ve Ağırlıklı Derece Kirchhoff indeksi tanımlanmıştır. Ağırlıklı Derece Kirchhoff indeksi için sınırlar verilerek moleküllerle ilgi özel bağlantılar elde edilmesi amaçlanmaktadır.

KAYNAKÇA

B. Zhou, I. Gutman, T. Aleksi_c, A note on the Laplacian energy of graphs, MATCH Commun. Math. Comput. Chem. 60 (2008) 441-446.

B. Zhou, N. Trinajstic, A note on Kirchhoff index, Chem.Phys. Lett. 455 (2008) 120-123.

Bozkurt, S.B., Bozkurt, D., On the Sum of Powers of Normalized Laplacian Eigenvalues of Graphs, MATCH Commun.Math. Comput. Chem., 68 (2012) 917-930.

D. Cvetković, Rowlinson P. and Simić S., 1980, Eigenspaces of Graphs, Academic Press, New York

D. Cvetkovic, M. Doob, H. Sachs, Spectra of Graphs, Academic press, New York, 1980.

D. J. Klein, M. Randic, Resistance distance, J. Math. Chem. 12 (1993) 81^a95.

D. S. Mitrinovic, P. M. Vasic, Analytic Inequalities, Springer, Berlin, 1970.

K. G. Gulistan, Different Bounds for Degree Kirchhoff Index, 4th International Conference on Pure and Applied Mathematics, ICPAM-VAN-2022.

H. Chen, F. Zhang, Resistance distance and the normalized Laplacian spectrum, Dis. Appl. Math., 155 (2007), 654-661.

I. Gutman, B. Zhou, B. Furtula, The Laplacian-energy like invariant is an energy like invariant, Match 64 (2010)

İ. Semra, Ağırlıklı ve Ağırlıksız Grafların Normalize Laplacian Matrisinin En Büyük Özdeğeri İçin Bazı Üst Sınırlar, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 2009.

K. C. Das, I. Gutman, A. S. Cevik, On the Laplacian-energy-like invariant, Linear Algebra and its

Applications, 442 (2014) 58-68.

R. Merris, Laplacian matrices of graphs: A survey, Linear Algebra Appl. 197-198 (1994), 143-176.

S. Furuichi, On refined Young inequalities and reverse inequalities, J. Math. Inequal. 5 (2011) 21^a31.

S. B. Bozkurt, D. Bozkurt, On the Sum of Powers of Normalized Laplacian Eigenvalues of Graphs, MATCH Commun. Math. Comput. Chem. 68 (2012) 917-930.

Seramik Malzemeler İçin Sol-Jel Yöntemi ve Uygulamaları

OĞUZHAN AVCIATA[1]

GİRİŞ

Son yıllarda sanayide ve teknolojideki yeni gelişmelerle birlikte kullanılmakta olan metal, plastik, cam, seramik gibi malzemelerin özelliklerinin bazı gereksinimlere cevap veremediği görülmektedir. Her bileşik, teknik gelişmelerden ve rekabetten dolayı belirli bir zaman sonra yerini yeni ve daha gelişmiş, zamanın ihtiyaçlarına cevap verebilen bileşiklere bırakmaktadır.

Metallerin birçok ortamda korozyona uğraması, cam ve seramiklerin kırılganlığı, plastiklerin yüksek ısıya dayanımlarının olmaması yeni malzemelerin geliştirilmesi çalışmalarını başlatmıştır [1].

Seramik alanında ortaya çıkan yöntemlerden bir tanesi de kimyasal polimerizasyonla yani polimerik Sol-Jel metoduyla seramik ve camların üretilmeleridir.

Özel olarak üretilmiş cam ve seramik ürünler ısıya ve mekanik etkilere karşı dayanıklı olmaları, yalıtkan özellik göstermeleri gibi nedenlerle metallere ve plastiklere alternatif olmuş, çağımızın güncel maddeleri olarak, endüstride vazgeçilmez duruma gelmişlerdir.

Cam, seramik ve polimerlerin özelliklerinin, geliştirilerek yeni bir bileşik üzerinde toplanması sonucu mevcut birçok problemin çözüleceği düşüncesi ile yeni bileşiklerin geliştirilmesine çalışılmaktadır.

Bu düşünceden yola çıkarak üretilen bileşiklerin ilk örneği silikonlardır. R_2SiO (R = Alkil, aril) temel taşına sahip silikonların sağlam ve sert olmamaları, örgü yapılarının iki boyutlu olmasından ileri gelmektedir. Örgü yapıları üç boyutlu olduğunda, daha sağlam ve sert yapılar oluşturacağı fikri, organik gruplarla modifiye edilmiş seramiklerin (ORMOCER Organically modified ceramics) ve anorganik-organik polimerlerin sentezlenmesine neden olmuştur [1-7].

Seramik yapı taşları (örneğin SiO_2, TiO_2/ZrO_2, Al_2O_3 organik bir yapı taşı ile ($-CH_3$, $-C_3H_7$, $-CH=CH_2$, $-C(CH_3)=CH_2$ .. gibi) birleştirilmek isteniyorsa bu durumda mümkün olduğu kadar yumuşak bir tepkime ortamı seçilmelidir. Bu nedenle Ormocerlerin, anorganik-organik polimerlerin sentezinde Sol-Jel prosesi seçilmiştir. Bu metod ısıya karşı duyarlı olan organik bir grubun anorganik bir örgüye bağlanmasını mümkün kılmaktadır.

Sol-Jel prosesi kabaca, sistemden çözücünün uzaklaştırılmasıyla başlangıç malzemelerinin bir çözelti veya süspansiyonundan kullanışlı katı bir ürün hazırlanması olarak tanımlanabilir.

Kaplamalar, özellikle optik kaplamalar, bu kullanışlı ürünlerden biridir ve sıvı başlangıç malzemeleriyle basit sıvı kaplama ekipmanlarını kullanarak kolayca elde edilebilirler [8].

Silika (SiO_2), dünyada en bol olan silisyum ve oksijen elementlerinin en genel ikili bileşiğidir. Silika (SiO_2), yalnız veya silikat içerisindeki başka bir oksitle birleşik halde oluşarak yer kabuğunun yaklaşık % 60'ını oluşturmaktadır [9]. SiO_2 ince film uygulamalarına uygun olan pek çok fiziksel özelliğe sahiptir. Görünür bölgedeki iyi geçirgenliği ve kimyasal kararlılığından dolayı SiO_2 filmleri

[1] Dr.Öğr.Üyesi, Yıldız Teknik Üniversitesi

çeşitli yansıtmayan ve koruyucu kaplamalarda geniş uygulama alanları bulmuşlardır. Aynı zamanda, SiO_2 filmlerinin dielektrik özellikleri onları farklı mikroelektronik yapılar için ilginç kılmaktadır [10].

SOL-JEL

Sol-Jel, ingilizcedeki Solution-Gelation teriminin kısaltılmış halidir. Son yüzyılın en son kimyasal reaksiyonla kaplama tekniklerinden biridir. Adından da anlaşılacağı üzere bir solüsyonun eldesi ve bu solüsyonun kimyasal olarak reaksiyona sokularak jelleşmesini ve bunun akabinde ince film halinde kaplama malzemesi, toz sentezi elde edilmesidir. Aşağıda bu konu ile ilgili yeterince bilgi verilmektedir.

SOL-JEL YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI

1. Klasik eritmeyle üretimi zor olan, erime sıcaklıkları yüksek ve soğuma sırasında kristallenme eğilimi gösteren maddelerden düşük sıcaklıklarda camlar elde edilir.
2. Çok çeşitli elementlerin katılımıyla yeni ve değişik türde seramik ve camlar yapılır.
3. Ürünler yüksek saflıkta elde edilir. Ortamdan gelen safsızlıklar ve reaksiyon kabıyla etkileşim oldukça düşüktür. Bu özellikten dolayı optik ürünlerde önemli avantajlar sağlar.
4. Proses sırasındaki karıştırma moleküler düzeyde olduğundan üretilen seramik ve camlar homojen bir yapıya sahiptir. Bu özellikten yine optik malzemeler üretiminde faydalanılır.
5. Polimerizasyon sırasında jel içinde değişik zincir uzunluğunda polimer moleküllerinin bulunması ve ısıl işlem sırasında bunların kısmen faz ayrımına uğramaları nedeniyle seramik yapıda bileşim farklılığı göstermeden yapısal değişiklikler gösteren bölgelerin oluşabilmesi mümkündür.
6. Proses için gerekli ısıl işlem sıcaklıkları genellikle 1000 °C'nin altında olduğundan önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanır.
7. Eritme prosesinde buharlaşmadan kaynaklanan kayıplar bu yöntemde en aza indirilir.
8. Jel yapısındaki porların büyüklük ve dağılımı kurutma işleminin kontrollü bir şekilde yapılmasıyla, asit veya baz katalizör kullanılmasıyla veya ısıl işlem sıcaklığı gibi proses parametrelerinin değiştirilebilmesiyle ayarlanabilir. Bu şekilde istenilen porozitede ürünler üretilebilmektedir.
9. Camların ve yüksek sıcaklığa dayanıklı olmayan plastik gibi maddelerin yüzeyleri seramikle kaplanarak bu maddelerin çizilme, sürtünme, aşınma, mukavemet gibi fiziksel, optik ve kimyasal özellikleri geliştirilir.
10. Çözeltilerin reolojik özellikleri nedeniyle daldırma, enjeksiyon, döküm gibi yöntemlerle elyaf, film ve kompozit malzemeler üretilir.
11. Sol-Jel prosesi ile organik-anorganik malzemelerin sentezi, seramik ile plastik malzeme özelliklerinin birleştiği yeni malzeme türlerinin üretilmesine olanak sağlar.
12. Sol-Jel yöntemi, diğer yöntemlere göre daha az cihaz gerektirmesinin yanı sıra, oluşturulan filmlerin mikro yapılarının kontrolünün kolay olması açısından da daha avantajlıdır.
13. Sol-Jel yöntemi klasik metodlarla elde edilmesi çok zor ya da imkansız olan bir çok ürünün elde edilmesine imkan tanır. Diğer tekniklere göre sayısız avantajları vardır [11].
14. Sol-Jel yönteminde reaksiyonlar küçük hacimlerde yapılabilmektedir. Bu yöntemde düşük viskozitedeki sıvıların karışımı söz konusu olduğundan moleküler düzeyde homojen karışımlar kısa zamanda elde edilebilir.

15. Çözeltide karışımın çok iyi olması, jel oluştuğunda da iyi bir karışımla sonuçlanır.
16. Mineraller yerine sentetik kimyasalların kullanımı yüksek saflıkta ürünler oluşmasını sağlar. Böyle bir jelin ısıl işleminde kimyasal reaksiyon daha kolay yürür ve daha düşük ısıda gerçekleşir.
17. Düşük sıcaklıklarda oluşan reaksiyonlarda ise buharlaşma kayıpları az olur, yüksek sıcaklıklarda görülen faz değişimleri önlenir. Bu da klasik yöntemlerle hazılanamayan cam ve seramiklerin oluşturulmasına imkan tanır.
18. Sıvı fazda kimyasalların kullanımı ince film ve fiberlerin hazırlanmasına imkan tanır.
19. Gözenekli jellerin kontrollü ısıtılması gözenekli seramiklerin ve kristal yapıda olmayan çok ince gözenekli malzemelerin oluşturulmasına yardımcı olur [12]. Gözeneklerin organik ve inorganik maddelerle doldurulması çok özel kompozitlerin elde edilmesini sağlar [13].
20. Çıkış maddelerinin organik gruplarla modifiye edilmesiyle yeni özelliklere sahip polimerler hazırlanabilir [14].

SOL-JEL YÖNTEMİNİN DEZAVANTAJLARI

1. Hammadde fiyatları yüksek olduğundan uygulamalar bazı özel seramikler ve kaplama üretimi ile sınırlıdır.
2. Proses süresinin uzunluğu üretim miktarını kısıtlayıcı bir faktördür. Yürüyen hat üzerinde kaplama mümkün değildir.
3. Kullanılan organik hammaddelerin sağlığa zararlı olmaları uygulamalarda özel koruyucu tedbirler alınmasına neden olduğundan maliyet artar.
4. Sinterleştirme sırasında görülen yüksek daralma şekillendirmeyi zorlaştırır.
5. Jel içinde kalan porlar, hidroksil iyonları ve karbon atomları bazı özel amaçlı seramiklerde hataya neden olur.
6. Jelin kuruması ile beraber büzülmedir.

SOL-JEL YÖNTEMİNİN UYGULAMA ALANLARI

Sol-Jel yönteminin günümüzdeki en önemli uygulaması kaplanmış camlar üretilmesine yöneliktir. Almanya'da Schott firması uzun yıllardan beri ticari olarak Indiyum-Titanyum Oksit (İTO) kaplamalar üretmektedir. Bu uygulamadan başka bazı özel camlar bu yöntemle üretilmekte ya da yüzeyleri kaplanmaktadır. Aşağıda bu yöntemin uygulamalarından örnekler verilmektedir:

1. Gözenekli jellere organik polimerler katılarak kompozit malzeme eldesi.
2. Oksit jellerle kimyasal, mekanik ve ısıya dayanıklılığı artırarak filtre ve membranlarda kullanılır.
3. Aerojeller gibi çok gözenekli ama gözenek boyutu ufak Sol-Jel eldesi ile ısı yalıtımı sağlamak.
4. Al, Zr, Ti, Si gibi metal alkoksitlerin kullanımı ile mekanik dayanımı artırılan cam eldesi.
5. Çok ince ve gözenekleri kontrol edilebilen toz sentezi.
6. Otomobil ayna camlarının yüzeylerinin $TiO_2/SiO_2/TiO_2$ sistemi ile kaplanması (1959)
7. Yansıtmaz amaçlı kaplamalar (antireflecting coating)
8. İTO kaplamaları ile güneş enerjisini yansıtan pencere camları üretimi (1969)
9. Laser koruyucu filtreler için silika-fosfat camları üretimi

10. Demir, Kobalt, Nikel, Mangan ve Krom gibi geçiş elementleri kullanarak renkli kaplama malzemeleri üretimi
11. TiO_2 film elektrotlarının yüzeylerinin TiO_2-SiO_2, TiO_2-ZrO_2, TiO_2-Al_2O_3 ile kaplanarak modifikasyonu
12. Laserlerin osilasyon verimliliğinin artırılması amacıyla metil radikali içeren silikat kaplama filmleri uygulaması
13. Radyasyona dayanıklı ve hızlı ölçümlere olanak sağlayan sintilasyon dedektörlerinin üretimi
14. Optik difraksiyon ızgaraları ve optik hafıza diskleri için düz cam üzerine mikro desen uygulamaları
15. Kırılma indisi radyal olarak değişken cam çubukların üretimi
16. Soda-kireç camının organik modifikasyonlu silikatlar (ormosil) ile kaplanması yoluyla aside ve suya dayanıklılığının arttırılması
17. Osmoz, filtrasyon vb. proseslerde kullanılan membranların ısıya ve organik çözeltilerin etkilerine dayanıklılığını yükseltmek amacıyla poroz SiO_2 ile kaplanması
18. Cam bilyaların poröz alkoksitlerle kaplanması ile yüzeyleri artırılarak katalizör taşıyıcı maddeler olarak kullanılması
19. Silisyum ve Titanyum alkoksitler ile kontakt lens malzemeleri üretimi
20. Çimento bazlı kompozit malzemelerin üretiminde kullanılan ve % 20 ZrO_2 içeren elyaflar yerine daha ucuz olan ZrO_2-SiO_2 kaplanmış elyafların kullanılması
21. Antik camların organik laklar yerine Sol-Jel yöntemiyle aşınmaya dirençli maddelerle kaplanması sonucu çevre etkilerinden korunması
22. Optik filtre ve dekoratif amaçlı camların renklendirilmesinde Orasol, Macrolex gibi organik renk pigmentleriyle modifiye edilmiş anorganik sodyum-bor-silikat, potasyum-titan-silikat, titan-silikat ve silika bazlı kaplamaların üretimi
23. Piezo-elektriksel özellikleri olan Kurşun-Zirkon-Titanat seramik malzemenin üretiminde 1200 °C'de uygulanan sinterleştirme sırasındaki kurşun kayıplarının önlenmesine olanak veren malzeme üretimi
24. Neme karşı dayanıklılık ile kimyasal ve özellikle elektriksel dayanıklılığı artırmak amacıyla metal nüvelerin 50 micrometre kalınlığında organik-anorganik heteropolisiloksan filmlerle kaplanması
25. Polimetilmetakrilat (PMMA) vb. plastiklerin optik endüstrisinde kullanımında, yüzeylerin çizilme mukavemetini artırmak ve ışığın yüzeyden saçılmasını önlemek amacıyla epoksisilan bazlı organik-anorganik filmlerle kaplanması
26. Kimyasal bileşim tesbitinde kullanılmak üzere, elektriksel geçirgenliği ve dielektrik sabiti gaz konsantrasyonuna göre değişen ORMOSİL bazında poröz sensör materyalleri geliştirilmesi
27. Absorban veya katalizör olarak kullanılmak üzere yüzey alanı büyük alümina malzemelerin geliştirilmesi
28. Genel olarak; Optik kaplamalar, Elektronik filmler, Koruyucu kaplamalar, Gözenekli filmler, Renkli kaplamalar da kullanım imkanı bulmaktadır.

SOL-JEL YÖNTEMİNİN TARİHÇESİ

Sol-Jel yöntemi prensipte basit bir teknoloji olmasına rağmen tanımını yapmak oldukça zordur. Yöntem, 145 yıl önce "çözelti içerisinde kolloidal faz üzerinden, seramik veya cam gibi

anorganik polimerlerin sentezinde kullanılan kimyasal bir kural" olarak tanımlanmıştır [15]. Reaksiyon su ya da organik çözücü ortamında yapılır. Etken parametrelerin kontrolü ile istenen özellikte ürün elde edilebilir. Sol-Jel yöntemi ile ilgili ilk makale 1846 da yayınlanmış olmasına rağmen bu yöntem ilk olarak 1935 yılında kullanılmış ve ancak 1970 lerde güncellik kazanmıştır. Bu yöntemi kullanarak yapılan ilk oksit kaplamalar 1939 yılında Jenaer Glas Werk'te üretilmiştir [16], 1971 yılında yayınlanan çok bileşenli camların sol-jel yöntemiyle üretimi konulu makaleden sonra, sol-jel konusunda çok sayıda araştırma ve yayın yapılmıştır [17-23].

Cam, seramik ve cam-seramik ürünlerin elde edilmesinde önemli bir proses olan Sol-Jel yöntemi üzerindeki ilk çalışmalar 19. yüzyıl ortalarında başlamış, 1846 yılında yayınlanan ilk makalede silisik asitten nemli bir ortamda hidroliz ve polikondensasyon yoluyla silikat camı elde edildiği bildirilmiştir [24].

1939 yılında yayınlanan ikinci makalede silikat tabakaları üzerinde çalışılmış [25], bu tabakaların otomobil aynaları için geliştirilmesi sonucu ilk ticari oksit kaplama üretimi 1953 yılında başlamıştır [26]. Daha sonra anti-reflektif [27], solar reflektif [28] ve diğer çeşitli amaçlı kaplamaların üretimine de başlanmıştır.

Çözeltilerden çok bileşenli oksitler elde edilmesi çalışmalarına da 1950'li yıllarda başlanmış, D. ve R. Roy homojen bir yapının gerekli olduğu faz dengesi çalışmaları için TEOS (tetraetilortosilikat) ve metal nitrat tuzlarından çeşitli bileşimler hazırlamışlardır. Bu çözeltilerden elde edilen oksit ürünlerin eritilmesiyle klasik ergitme yoluyla elde edilen ürünlerden daha homojen bir yapıya ulaşılmıştır. Hamilton ve Mackenzie 1960'ta, Luth ve Ingamels 1965'te, Hamilton ve Henderson 1968'de ve Biggar ve O'hara 1969'da faz dengesi çalışmaları için, silikat karışımlarının hazırlanmasına yönelik [29] çalışmalarında, bu yöntemin parametrelerini incelemişlerdir

Sol-Jel yöntemiyle kütle (bulk) camı sistemleri üzerinde çalışan Levene ve Thomas [30] 1967 yılında oksit kaynağı olarak metal alkoksit ve metal asetat karışımı kullanarak homojenliğin yanı sıra yüksek oranda saflığa da bu yöntemle ulaşılabileceğini açıklamışlardır. Çok bileşenli oksit kaplamaların uygulamadaki ilk örneği laser koruyucu filtrelerinde kullanılan optik camların hidrolitik stabilitesinin geliştirilmesinde kullanılan silikat fosfat kaplamalardır [31].

Jel sistemlerinden camsı ve kristal yapıların elde edilmesinin kimyasal temelleri ve teknolojik uygulamaları Dislich, Hussmann [32], Dislich [33] ve Jones [34] tarafından incelenmiştir.

Kamiya ve Sakka, oksit kaplamaların alkalilere karşı dayanıklılığının ZrO_2 içeriğinin artmasıyla arttığını ifade etmişlerdir [29].

Dislich ve Hinz, Kadmiyum asetat ve Kalay alkoksit'ten iletken Kadmiyum Stannat kaplamalar üretmişlerdir [35].

% 22 ZrO_2 ve % 78 SiO_2 içeren iki oksitli kaplamaların borosilikat camlarının kimyasal dayanıklılığını artırdığı Lione ve Mizuike tarafından ifade edilmiştir [29].

Sakka, Kamiya, Makita ve Yamamoto, SiO_2, $BaTiO_3$ ve SiO_2-geçiş metalleri oksitleri kaplama filmlerinin kalınlıklarını ve diğer özelliklerini etkileyen faktörleri incelemişlerdir [36].

Soda camı, kurşun oksit içeren cam ve alüminyum foil üzerine CeO_2-TiO_2 kaplayarak sarı renkli kaplamalar elde edilmiştir [37].

Sol-jel yöntemi kullanılarak geçiş elementleriyle renkli kaplamalar elde edilebilmektedir [38,39].

Jel yapısının özellikleri, jelden meydana gelen üründe ortaya çıkmaktadır. Brinker ve Mukherjee [40], Sakka ve Kamiya [41], Brinker, Keefer, Schaefer ve Ashley [42], Guglielmi ve Principi [43], Brinker ve Scherer [44] çeşitli sistemler için sol-jel reaksiyonlarını incelemişlerdir.

Mackenzie, Sol-Jel yöntemi uygulamalarında jel yapısını etkileyen faktörleri incelemiştir [45].

Silikatların hidroliz ve polikondensasyonu ve molekül yapılarını etkileyen parametreler Brinker [46] ve Yoldaş [47-50], Chen, Tsuchiya ve Mackenzie [51] ve Pope ve Mackenzie [52] tarafından incelenmiştir.

Monolitik jellerin kurutulması sırasında oluşacak çatlamaları önlemek için kurutma kontrolü sağlayan kimyasal maddeler (Drying Control Chemical Agents, DCCA) çözeltilere ilave edilebilmektedir [53-54].

Sol-Jel yöntemiyle yüksek saflıkta camlar ve seramik ürünler elde edilebilmektedir [55-58].

Sol-Jel yöntemiyle değişik özellikte camlar üretilmiş ve klasik ergitme yöntemine göre özellikleri karşılaştırılmıştır [59]. Bundan başka Sol-Jel yöntemi ile Na_2O-CaO-Al_2O_3-SiO_2 içeren çok bileşenli camlar elde edilmiştir [60].

Çözeltilerden elyaf çekilmesi su içeriğinin az olmasıyla mümkündür. Su içeriğinin fazla olması kütle camı oluşumuna yol açmaktadır [41].

Sol-Jel yöntemiyle üretilen seramik ürünlerden biri olan sinterlenmiş titanat tozu yüksek sıcaklığa karşı çok dayanıklıdır ve termal genleşmesi sıfıra yakındır. Nükleer mühendislikte kullanılan bu malzeme $Al(OR)_3$ ve $Ti(OR)_4$ ten üretilmektedir [61].

Cam yüzeylerine yansıtmayan kaplamalrın üretimim ile sonuçlanan gözenekli Al_2O_3 filmlerinin oluşumu Yoldaş tarafından çalışılmıştır [62].

SOL-JEL YÖNTEMLERİ

İki önemli Sol-Jel yöntemi vardır:

1. Kolloidal Sol [63,64]
2. Alkoksit Yöntemi [65]

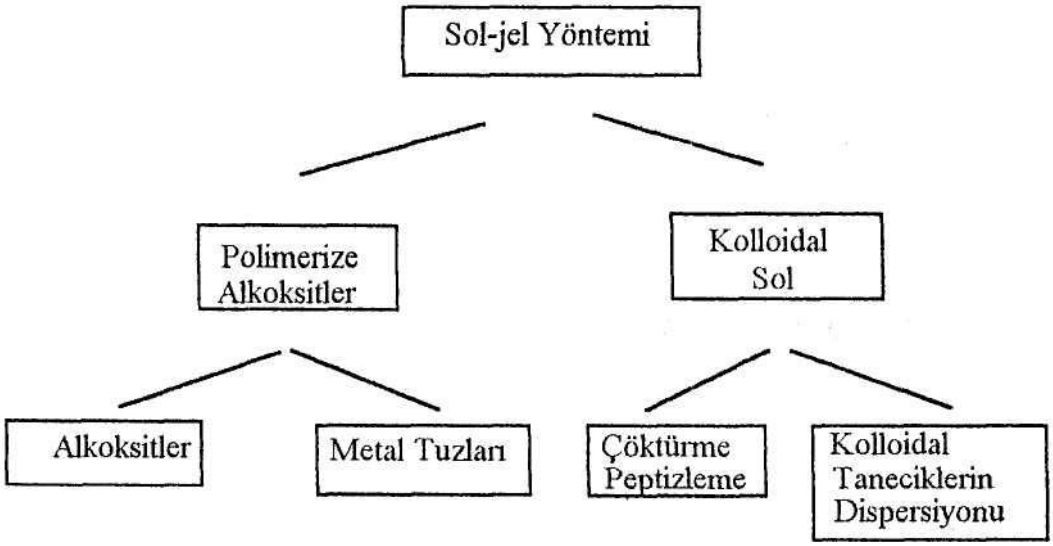
KOLLOİDAL SOL YÖNTEMİ

Kolloidal yöntemde kolloid olarak kullanılan partiküller 500 nm ve daha altındaki boyutlara sahip partiküllerdir. Maksimum boyutları ışığın dalga buyuna eşit olan bu partiküller optik mikroskopta görülmezler. Ancak "Light Scattering Sedimentation Analysis" ya da Osmosis yöntemleri ile görülebilirler [66].

Kolloidal sollerden elde edilen Sol-Jeller, bir sıvı içinde dağıtılmış kolloidal parçacıklar olması nedeniyle sol'un tarifine tam olarak uyar. Bu yöntem çöktürme-peptizleme makanizması ile hazırlanan kolloidal jeller ve çok ince küçük tanaciklerin dağıtılması ile hazırlanan kolloidal soller olmak üzere sınıflandırılabilir.

Çöktürme-peptizleme metodu, çözeltideki çok küçük taneciklerin çökme ve peptizleme sonucu stabil bir sol oluşturmasıdır [67]. Lauf ve Bond da çöktürme peptizleme sol-jel metodu kullararak ZnO varistorları hazırlamışlardır [68].

Dağıtılmış kolloidal parçacıklar(dispersed colloidal particles) sol jel yönteminde ise, daha önce hazırlanmış çok ince taneciklerin sıvı içinde stabil bir sol oluşturmak üzere dağıtılmasıdır. Becher ve arkadaşları alumina ve alumina-zirkonya seramiklerinin kolloidal sol jel yöntemi ile hazırlanması üzerine çalışmalar yayınlamışlardır [69].



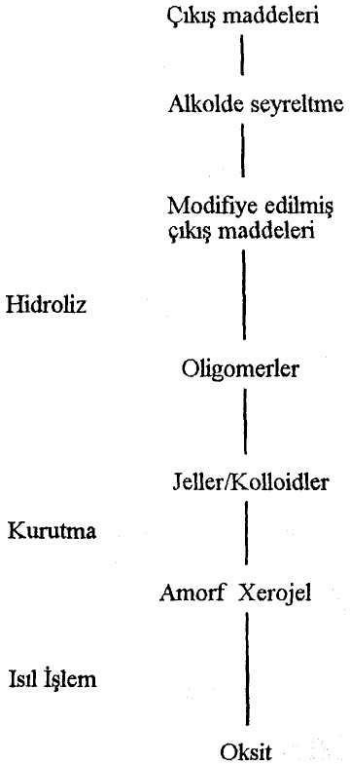
Şekil 1 Sol-Jel Yönteminin Sınıflandırılması

ALKOKSİT YÖNTEMİ

Metal alkoksitler (Alkolatlar) , organik solventlerdeki çözünürlülük, kolay saflaştırılabilme ve kolay hidroliz sonucu saf oksitlerin hazırlanabilmesi nedeni ile Sol-Jel yöntemi ile üretilen malzemelerin önemli çıkış (precursor) maddeleri olmuşlardır.

Livage ve arkadaşları [70] alkoksitler ile sol-jel yönteminin akım şemasını şekil 2 deki gibi belirlemişlerdir.

Yöntem, adından da anlaşıldığı gibi alkoksitlerin kimyasına dayanmaktadır. Hidroliz edilen modifiye alkoksitler kullanılarak hazırlanan oligomerler, jel ya da kolloidleri oluşturur, kurutularak amorf xerojeller elde edilir. Isıl işlem sonucunda ise oksitler hazırlanır.



Şekil 2 Sol-Jel Yönteminin Akış Şeması

Alkoksitlerde metal, organik gruba oksijen atomu üzerinden bağlanmıştır. Genel formülleri $M(OX)_n$ olarak gösterilebilen alkoksitler, alkoller, metal hidroksitler ve inorganik asitlerin türevleri olabilir. Metal alkoksit (sodyum metoksit, magnesyum etoksit, alüminyum iso-propoksit) ya da metal alkolat terimi alkolün hidroksil hidrojenin bir metal ile yer değiştirmesi sonucu elde edilen bileşikler için kullanılır

Alkoksit yönteminde, metal alkoksitler önce kısmen hidroliz edilir.

(R=alkol)

$$M(OR)_x + yH_2O \rightarrow M(OR)_{x-y}(OH)_y + yROH$$

Daha sonra kondensasyon ya da polimerizasyon reaksiyonu ile kısmen hidroliz olmuş ürün M-O-M bağı oluşturur. Bu yöntemde yalnızca alkoksit kullanılabileceği gibi, ürünün daha ucuz elde edilebilmesi için sisteme çözünen metal tuzları da katılabilir.

Alkoksitleri kullanarak çok komponentli Sol-Jel ürünler hazırlanmasında, farklı hidroliz hızlarının dikkate alınması gereklidir. Bir komponentin diğerinden daha hızlı hidroliz olması solun homojenliğini bozacağından istenmez. Bu çeşitli yollar ile engellenebilir:

1. Alkoksit karışımları homojen polimerize olacak şekilde yaşlandırılır.
2. Herbir alkoksit ayrı ayrı hidroliz edildikten sonra karıştırılır.
3. Çözelti atmosferik nem ile çok yavaş hidroliz edilir.

Perthuis ve Colomban [71], metal alkoksitleri atmosferik nem ile hidroliz ederek kompleks bir seramik kompozisyon olan ($Na_3Zr_2Si_2PO_{12}$-Nasican) u hazırlamışlardır.

Mazdiyasni [72] ve arkadaşları, alkoksitleri kullanarak yüksek saflıkta seramik tozları üretmişlerdir.

Alkoksit yöntemi ile elde edilen Sol-Jel ürünleri içinde en önemlilerinden biri, kaplamalardır. Dislich ve Hinz [73] kaplama amaçlı hazırlanan jeller ile ilgili yayınlarında farklı hidroliz hızlarını önlemek için alkoksitlerin kornpleksleştirilmesinden bahsetmişlerdir. Bu tip kaplamalar daldırma ya da püskürtme (Spin Coating) ile yapılır. Film kalınlığı (1 μm ise kuruma sırasında çatlaklar oluşmaz. Puyane ve Gonzalez-Oliver [74] alkoksitlerden hazırlanmış SiO_2/TiO_2, Al_2O_3, ZrO_2, Y_2O_3, sistemli kaplamalarla ilgili yayınlar yapmışlardır.

METAL ALKOKSİTLER

Metal alkoksitler, metal oksitlerin Sol-Jel yöntemiyle elde edilmesinde çok yaygın kullanılan çıkış maddeleridir.

Metal alkoksitler çok farklı fiziksel özellikler gösterirler. Bu özellikler içinde Sol-Jel prosesi için polimerizasyon veya oligomerizasyon derecesi, uçuculuk ve vizkozite en önemlileridir.

M-O-C bağı içeren alkoksitlerin polaritesi, oksijenin elektronegativitesine bağlı olarak yüksektir. Metoksitler haricinde, bütün alkoksitler çok uçucudurlar ve organik solventlerde kolaylıkla çözünürler. Metal-oksijen bağının polaritesinin azalması iki etkene bağlanmaktadır:

1. Oksijen atomunun indüktif etkisi; bu etki alkil grubundaki dallanma arttıkça artmaktadır.
2. Aşağıdaki şekildeki bağlardan dolayı oligomerlerin oluşmasıdır. Bu eğilim, alkil grubunun dallanması ile ortaya çıkan siterik faktörlerden dolayı azalmaktadır.

Metal alkoksitlerde, elektronegatif olan alkoksit grubu (OR), metal atomuna kuvvetli nukleofilik saldırı yapmaktadır. Bu nedenle metal alkoksitler çok reaktiftir. Havanın neminden dahi çok kolay etkilenirler. Hidrolize çok duyarlı olmaları alkoksitlerle çalışmaları zorlaştırmasına rağmen, bu özellikleri seramiklerin hazırlanmasında çok yararlı olmaktadır. Metal alkoksitlerin reaktiviteleri arasında farklılıklar görülebilmektedir. Geçiş elementlerinin elektronegativitelerinin düşük olması, metalin elektrofilik karakterinin artmasına neden olmaktadır.

Metal alkoksitlerin reaksiyona girdiği,çeşitli maddeler şöyle sıralanabilir:

1. Su
2. Alkoller, fenoller
3. Organik esterler
4. Glikoller
5. Organik asit ve anhidritler
6. β-diketonlar, β-ketoaminler
7. Hidroksilarninler
8. Ketonlar ve aldehitler
9. Halojenler
10. Tioller
11. Koordinating ligantlar

SOL-JEL YÖNTEMİNDE BASAMAKLAR

Çıkış Maddeleri

Hidroliz

Kondensasyon

Jelleşme

Kurutma

Kalsinasyon/Sinterleme

ÇIKIŞ MADDELERİ

Sol-Jel yönteminde çıkış maddeleri, tepkime ortamında kolay çözülebilmeli ve jel oluşumu sırasında yeteri kadar reaktif olmalıdır. Buna göre aşağıdaki maddeler reaksiyon başlatıcı olarak kullanılabilir.

Tuzlar : Nitrat, asetat, formiat gibi kolay çözülen anyonlar içeren tuzlar

Oksitler : Özellikle ağı modifiye edebilen oksitler (Na, K oksitler gibi)

Hidroksitler

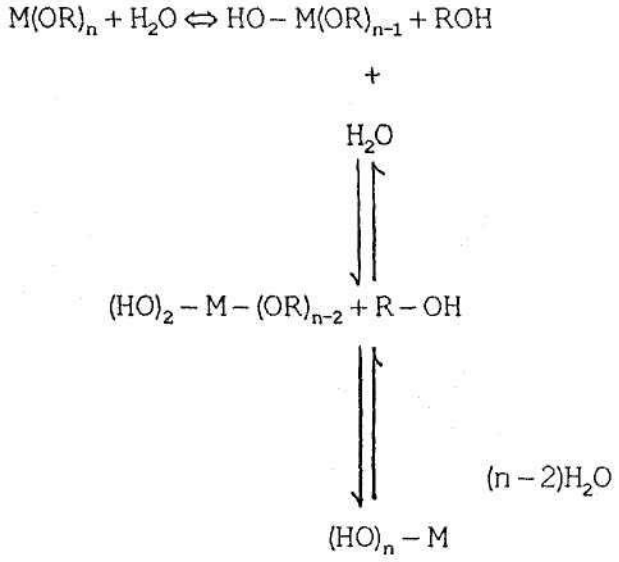
Kelat ligandlar : Çıkış maddesinin reaktivitesini değiştirmek ve çözünmelerini etkilemek için kullanılırlar [75].

Alkoksitler, Açilatlar, Aminler : Alkoksitler, hemen tüm elementlerin alkoksitlerinin ticari olarak hazırlanabilmesi nedeni ile sol-jel prosesinde en yaygın kullanılan başlatıcılardır. Bradley [76] ve arkadaşlarının çalışmaları ile kimyaları çok iyi bilinmektedir.

HİDROLİZ-KONDENSASYON

Hidroliz reaksiyonu reaktif monomer ve oligomer kaynağı olarak düşünülebilir. Çözücü, ısı, pH değeri gibi termodinamik parametrelerin hidroliz prosesi üzerinde etkileri vardır. Ayrıca bileşiklerin ilave edilme sırası ya da suyun ilave hızı da etkili olur. Hidroliz hızı, sol ve jel özelliklerini etkileyen en önemli basamaktır.

Hidroliz reaksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir.



Kondensasyon, ROH ve H_2O' nun hidroliz olmuş alkoksit grubu ile polimerizasyon reaksiyonudur. Kondensasyon reaksiyonu üç kademede ilerler.

$$M-OR+H2O \Leftrightarrow M-OH+R-OH$$

$$M-OH+HO-M \Leftrightarrow M-O-M+H2O \text{ dehidrasyon}$$

$$M-OH+RO-M \Leftrightarrow M-O-M+ROH \text{ dealkolasyon}$$

Kondensasyon ve hidroliz reaksiyonlarını birbirinden ayırmak zordur. Kondensasyon sentezlenen polimerin yapısı ve özellikleri açısından en önemli basamaktır.

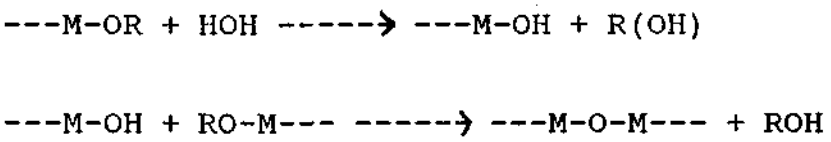
$Si(OEt)_4$'ün asidik şartlardaki hidroliz ve kondensasyonu fiber yapımında kullanılan lineer polimerlerin oluşumunu sağlar [77].

JELLEŞME

Jelleşme, çıkış çözeltilerinden başlayarak farklı yollardan kolloidal ya da polimerik jelin oluşmasıdır. Kolloidal jellerde, başlangıç çözeltisi ya da solün, elektrolitik veya sterik özellikleri jelin oluşumunda etkili olur. Polimerik jellerde ise reaksiyon hızı ve derecesi etkilidir. Kolloidal jeller, metalik tuz çözeltileri (klorür, nitrat, sülfat gibi) veya oksit/hidroksit sollerden oluşmaktadır [78]. Bütün oksit veya hidroksitler sol oluşturmazlar. Örneğin, Alüminyum nitrat ve alkoksitlerin hidrolizi ile elde edilen böhmit sol hazırlanması için peptize olurken, bayerit sol oluşturmaz. Peptizasyonda kullanılan asit türünün de jelleşmede etkisi vardır.

JEL YAPISINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Jelleşme, kolloidal sistemlerde partiküllerin birbiriyle etkileşimiyle meydana gelir ve bu etkileşim ürünün temel özelliklerini belirler [47]. Metal-organik sistemlerde ise jelleşme ardışık kimyasal reaksiyonlarla polimerik yapının oluşması sonucu meydana gelir. Oluşan son polimerik ürün hidroksil ve organik gruplarla çevrilen ve oksit camlarına benzeyen anorganik bir yapı içerir. Polimerik şebekenin büyüklüğü hidroliz ve polimerizasyon reaksiyonlarıyla belirlenir. Bu reaksiyonların kinetiğini kontrol ederek jellerin polimerik yapılarını değiştirmek mümkündür. Jel içindeki moleküler-yapısal değişmelerin etkisi, oluşturulan cam veya seramiklerde sürdürülerek bileşim değişikliği yapmadan, elde edilen malzemelerin özellikleri (örn.: sinterlenme, kristalizasyon, viskozite gibi) değiştirilebilir. Hidroliz ve polimerizasyon sırasıyla basit olarak,



reaksiyonları ile gösterilir. Hidroliz ve polimerizasyon reksiyonlarmın kinetiğini etkileyen faktörler:

1. Başlangıç bileşiklerinin seçimi ve reaksiyon ortamı,
2. Su / alkoksit oranı,
3. Seyreltmeyle moleküllerin ayrılması (konsantrasyon etkisi),
4. Katalitik etki,
5. Reaksiyon sıcaklığı ve süresinin etkisi olarak açıklanır.
6. Ortamın pH' ı
7. Tane boyutu
8. Sıcaklık

Polimerik oksit jeller, metal alkoksitlerden elde edilir. Suyun katılması ile metal alkoksit hidroliz olur. Hidroliz ve kondensasyon tepkimelerinin kontrolü ile polimerik oksit ağ yapısı oluşur. Polimerik jel oluşturmak için, metal alkoksitler susuz organik çözücülerde çözülür ve stokiometrik miktardan daha az su kullanılarak kısmen hidroliz edlir. Su/Alkoksit oranı, katalist konsantrasyonu, seyreltme miktarı ayarlanarak lineer ya da zayıf çapraz bağlı polimerler elde edilir.

Partlow ve Yoldaş'a [79] göre polimerik jel iki yol ile elde edilebilir:

1. Çözücü kuvvetlerinin uzaklaştırılması ile çapraz bağlanma olasılığı artarak polimerler birbirine yaklaşır. Yeterli miktarda çapraz bağlanma gerçekleşince, çözeltinin viskozitesi süratle artar ve jelleşme başlar.
2. Çözeltinin yaşlandırılması ile dihidrasyon ve hidroliz reaksiyonları gerçekleşir. Böylece polimerler çözeltide rastgele çarpışarak birleşirler, ağ yapısının oluşması jelleşmeyi sağlar. Bu tip polimerik jellerde, jelin ana çözeltinin içinde oluşması hacim azalmasına neden olur.

KURUTMA

Jel oluşumundan sonra en önemli adım, jelin çatlak oluşmadan kurutulmasıdır. Monolitik jel üretiminde, kurutma işleminde hacim değişimi sonucu oluşacak gerilimlerin ve jel gözenekleri içindeki kapiler kuvvetlerin minimuma indirilmesi gerekir.

Jellerde kurutma, çözücü (alkol, su) fazlalığının giderilmesi olarak açıklanabilir ve hacim küçülmesi ile bağlantılıdır.

Kuruma sırasında oluşan hacim değişiminin gerilimler üzerindeki etkisi Cooper tarafından incelenmiştir [80]. Buna göre kırılmayı önleyen kurutma hızının kurutulan jelin kalınlığı ile ters orantılı olduğu görülmüştür. Bu şartların sağlanması jellerin kaplamalarda kullanılmasına olanak tanır. Zarzycki [81] Brinker ve arkadaşları [82,83] kuruma mekanizmasını SiO_2-jel ve camlarda incelemiştir.

Sol-Jel yöntemi ile hazırlanan jellerde gözenekler içinde bulunan sıvı nedeni ile gerilimler oluşur. Kuruma sırasında bu sıvı gözenekleri terk eder. Jelin gözenek çapları nanometre boyutunda ise içerideki sıvının hidrostatik basıncı çok yüksektir. Bu nedenle küçük gözenekli jeller daha çabuk kırılırlar.

Kırılmaları önlemek için;

1. kurutma işlemi çok yavaş yapılarak oluşacak stresler giderilebilir.
2. jelin gözenek boyutu arttırılıp kuvvetler azaltılabilir.

Bu tip kuruma tanım ve özellikleri kolloidal jeller için geçerlidir.

Polimerik jellerin kuruma özellikler ise daha farklıdır. Bu jellerde, polimerik yapı zayıf çapraz bağlarla bağlanmıştır. Çözücü ortamdan uzaklaştıkça polimer hacmi küçülür ve çapraz bağlanma artar. Sonuçta büyük boşlukları olmayan yoğun kuru bir jel elde edilir. Bu kuruma şekli Brinker ve arkadaşları [84], Klein ve Garvey [85] tarafından açıklanmıştır.

KALSİNASYON/SİNTERLEME

Jel, kurutulduktan sonra, yoğun seramik malzeme elde edilmesi için ısıl işlemden geçirilir.

Jelin yapısına ve oluşum şartlarına göre şu reaksiyonlar meydana gelir:

1. Tuzların dekompozisyonu
2. Karbonizasyon veya organik grupların yanması
3. Gözeneklerdeki adsorplanmış çözeltinin desorplanması
4. Kimyasal suyun uzaklaştırılması
5. Gaz çıkışı nedeni ile mikrogözeneklerin ya da köpük oluşumu
6. Mikrogözeneklerin çöküşü
7. Sinterlerne ve yoğunlaşma

Kalsinasyon işlemi kurutma sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda yapılır. Kalıntı OH ve OR grupları, fiziksel olarak adsorplanmış alkol ve su uzaklaşır.

Uygun olmayan kalsinasyon/sinterleme programlarında ortamda kalmış olan organik gruplar ve H_2O siyahlanmaya, fragmantasyona ve köpüklenmeye neden olur.

CAM YÜZEYLERİNİN KAPLANMASI

KAPLAMANIN AMACI

Değişik bileşimlerde hazırlanan jellerden kütle camları elde edilebildiği gibi cam yüzeyine çeşitli proseslerle seramik kaplamalar yapılarak kaplanan yüzeyin özellikleri geliştirilebilir ya da değişik özellikler kazandırılabilir [86-89].

Cam yüzeylerinin kaplanmasıyla;

- Antikorozyon kaplamalarla kaplama yüzeyinin kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı artırılabilir.
- Cam yüzeyinin hidrofil maddelerle kaplanmasıyla buğulanma önlenebilir.
- SnO_2, TiO_2 gibi kaplamalarla cam yüzeyinin mekanik dayanıklılığı artırılabilir.
- Yarı iletken kaplamalarla yüzey iletkenliği değiştirilebilir ve statik yük önlenebilir.
- Değişik kaplamalarla camın, yansıma, kırılma, geçirgenlik gibi optik özellikleri değiştirilebilir.

KAPLAMA YÖNTEMLERİ

Cam yüzeylerinin kaplanmasında; Çıkarma Yöntemi (LP) , Fiziksel Buhar Yöntemi (PVD), Sıvı Püskürtme Yöntemi (LSD), Kimyasal Buhar Yöntemi (CVD), Döndürerek Kaplama Yöntemi (SCD) ve Daldırma Yöntemi (DCD) uygulanmaktadır. Bunlardan PVD dışındaki yöntemler kimyasal bileşikler içerir. PVD, ve LP yöntemleri yüksek sıcaklıklarda uygulanabildikleri gibi düşük sıcaklıklarda, hatta, oda sıcaklığı altında bile uygulanabilir. LSD, CVD ve DCD yöntemleri için eğer oksit yapısı oluşuyorsa yaklaşık 500 °C'lik sıcaklık gereklidir. Çıkarma yönteminde bazı moleküller yüzeyden sökülerek, diğer yöntemlerde ise yüzeye molekül ilave edilmek suretiyle kaplama yapılmaktadır. Bütün bu kaplama yöntemlerinin uygulanabilmesi için kaplama yüzeyinin çok iyi temizlenmiş olması gerekir. Yüzey temizleme yöntemleri ve cam yüzeyinin yapısı Holland [87] ve Guenther [88] tarafından incelenmiştir.

ÇIKARMA YÖNTEMİ (Leaching Process)

Kimyasal maddeler kullanılarak cam yüzeyinden bazı moleküllerin sökülmesiyle camın yüzey özellikleri değiştirilebilir. Yüzey çözücü olarak genellikle asit ve nötral çözeltiler kullanılır. Yüzeyden bazı moleküllerin çıkartılmasıyla porozite artmakta, yoğunluk azalmakta ve sonuç olarak düşük kırılma indisinden dolayı antirefleksiyon özelliği artırılmaktadır.

FİZİKSEL BUHAR YÖNTEMİ (Vacuum Process)

Bu yöntemde kaplama maddesi önce buhar fazına geçirilir, daha sonra vakum ortamında kaplanacak cam yüzeyine ulaştırılır. Uçucu hale getirilmiş kaplama maddeleri çeşitli yollarla uyarılır veya iyonize hale getirilir ve gerekirse elektrik alanda hızlandırılır. Cam yüzeyinde yoğunlaşmadan sonra heterojen çekirdeklenme ile kaplama elde edilir. Bu yöntem, kaplama esnasında kalınlığın ölçülebildiği tek yöntemdir. Malzemenin buhar fazına geçirilmesi yönünden Isıyla Buharlaştırma, Saçılma (Sputtering) ve Plazma Polimerizasyonu olarak sınıflara ayrılmaktadır.

SIVI PÜSKÜRTME YÖNTEMİ (Spray Process)

Hareketli nozüller yardımıyla, kaplama çözeltisinden elde edilen ince damlacıklar bulutu önceden ısıtılmış cam yüzeyine püskürtülerek kaplama yapılır. Kaplamalar çoğunlukla halojenür ve asetilasetonatlardan hidrolitik veya pirolitik yöntemlerle elde edilen oksit kaplamalardır. Taşıyıcı

olarak organik çözücüler veya alkol kullanılır. Kaplanacak yüzey sıcaklığı genellikle 400-700 °C'ler arasında değişir. Bu yöntemle tekdüze bir kaplama kalınlığına ve rengine ulaşmak zordur.

Sıvı püskürtme yönteminin diğer bir şekli de (Wet Reduction Process - WRD) kaplama malzemesi olarak bir metal tuzu çözeltisi kaplanacak cam yüzeyine püskürtülür. Daha sonra indirgeme çözeltisi aynı şekilde püskürtülerek oda sıcaklığında veya daha yüksek sıcaklıklarda metalin yüzeyde çökelmesi sağlanır. İndirgeme reaksiyonu kendiliğinden devam eder. Ancak bu yöntemde tekdüze bir kaplama kalınlığı elde etmek güçtür.

KİMYASAL BUHAR YÖNTEMİ (Chemical Vapour Deposition)

Kaplama malzemesi yüksek sıcaklıklarda gaz veya buhar fazına geçirilir ve bir taşıyıcı gaz ile reaksiyon odasına taşınır. Kaplanacak yüzey önceden ısıtılır. Reaktanlar buhar fazında kimyasal reaksiyona girerek ince bir film şeklinde cam yüzeyinde yoğunlaşırlar. Reaksiyon cam yüzeyine çok yakın ya da camın üzerinde olmalıdır. Reaksiyonun gerçekleşmesi için kaplama yüzeyine, ısı, yüksek frekanslı elektriksel alan, X ışınları, elektrik arkı, elektron bombardımanı uygulanabilir. Kaplanacak yüzey sıcaklığı, gaz basıncı, reaktanların konsantrasyonu, ve akış hızı kaplama kalitesini etkilemektedir. Cam yüzeyine kaplanamayan buhar fazındaki reaksiyon ürünleri kontinü bir prosesle ortamdan uzaklaştırılır.

DÖNDÜREREK KAPLAMA (Spin Coating)

Bu yöntemde kaplama malzemesi çözelti olarak hazırlanır ve döner bir diskin ortasından kaplanacak yüzeye damlatılır. Dönmenin etkisiyle çözelti yüzeyde eşit olarak dağılır. Oksit şeklinde bir çözelti durumunda nemli bir atmosferde hidrojenasyon ve polimerizasyon reaksiyonları sonucunda kurutma ve sinterleme işlemleri de yapılarak kaplama elde edilir. Bu yöntemle oldukça tekdüze bir kaplama elde edilir. Ayrıca kenarlardaki bozukluklar da oldukça azdır. Optik özellikteki kaplamaların kalitesi yüksek olmaktadır. Ancak ekonomik yönden genellikle tercih edilmeyen bir yöntemdir.

Spin kaplama yöntemi dört aşamadan oluşmaktadır:

1. Birikim
2. Spin-up
3. Spin-off
4. Buharlaşma

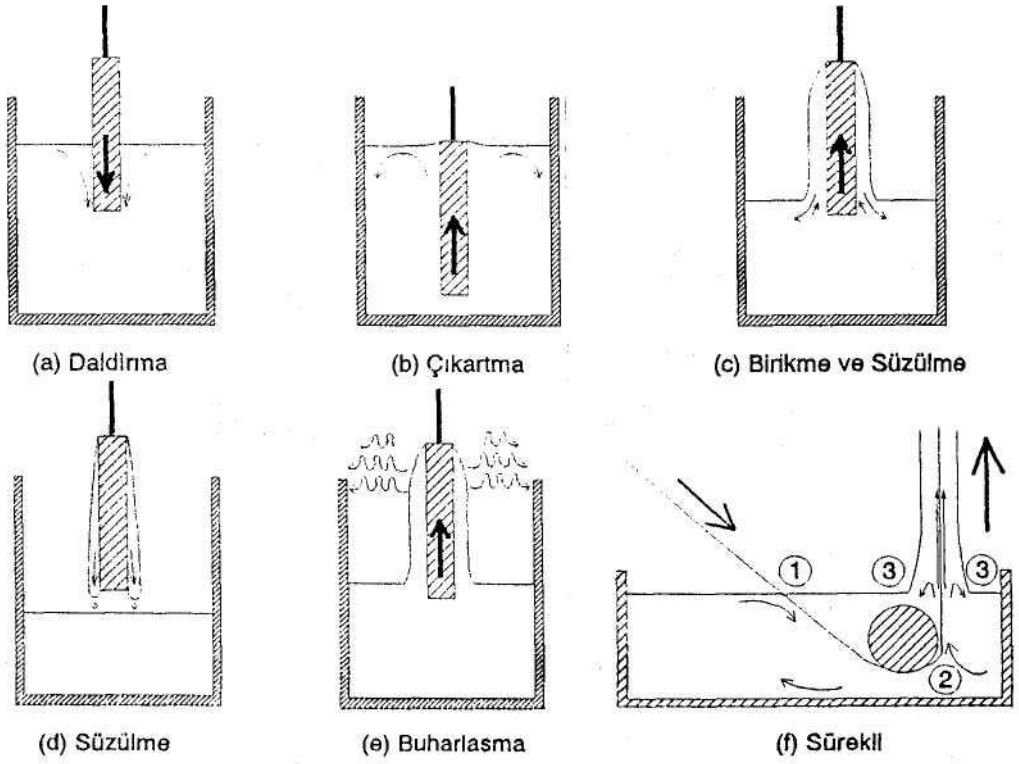
Daldırarak kaplama işleminde olduğu gibi, burada da buharlaşma diğer aşamalarda da görülmektedir. Birikim aşamasında sıvının fazlası, taşıyıcı üzerinden dışarı atılır. Spin-up aşamasında sıvı, dönmenin etkisi ile radyal olarak dışarı doğru akar. Spin-off aşamasında sıvının fazlası taşıyıcı sınırına doğru gider ve damlacıklar halinde taşıyıcıyı terk eder. Film kalınlaştıkça, spin-off aşamasında dışarı atılan sıvının miktarı giderek azalır. Daha kalın filmlerin akışa karşı daha fazla direnç göstermelerinin sebebi, uçucu olmayan bileşenlerin konsantrasyonunun artması sonucu viskozitenin artmasıdır. Dördüncü aşamada ise, incelmenin birincil mekanizması olarak kabul edilen buharlaşma meydana gelir.

DALDIRMA YÖNTEMİ (Dip-Coating Process)

Sol-Jel daldırma yöntemiyle özellikle float camı gibi pürüzsüz yüzey plakaları saydam oksit tabakalarıyla kaplanabilir. Proses sıcaklığı olan 500 °C'ye dayanıklı diğer pürüzsüz yüzeyler de kaplama için kullanılabilir. Yüzeyde 1000 nm ye kadar film kalınlığına ulaşılır. Bu yöntemin temelini alkollü çözeltide kolayca hidroliz olabilen metal bileşiklerinin reaksiyonları oluşturmaktadır.

Yüzeyi kaplanacak olan cam temizleme çözeltileriyle iyi bir şekilde temizlenir, kurutulur, metal bileşikleri içeren çözeltiye daldırılır ve sabit bir hızla nem içeren bir atmosfere çekilir. Likid filmin bir kısmı cam yüzeyinden akar, diğer kısmı yüzeyde kalır ve çözücünün buharlaşmasıyla katılaşır. Kaplanmış yüzey daha sonra fırında 400-500 °C'ye ısıtılarak şeffaf oksit tabakası elde edilir.

Daldırma işlemi sırasında yüzey ve çözelti sıcaklığı sabit tutulmalıdır. Bu durumda kaplama kalınlığı çözelti konsantrasyonuna, viskozitesine, camın çözeltiden çekiliş hızına ve açısına bağlıdır. Çekiş açısı genellikle 90° dir. Diğer açılarda kaplama kalınlığı plakanın iki yüzeyinde farklı olmaktadır. Kaplama kalınlığını etkileyen diğer faktörler çözeltinin yüzey gerilimi, kaplama banyosu üzerindeki kısmi nem ve buhar basıncıdır. Reaksiyon ortamının temizliğine ve hava akımlarına dikkat edilmelidir. Kaplanacak plakaları tutan klepeler çözeltiye dalmamalıdır. Daldırma işleminden sonra plaka kenarlarında oluşan dalgalanmalar kesilerek atılabilir.



Daldırarak kaplama işleminin basamakları.

Şekil 3 Daldırma metodu ile kaplama ve basamakları

Daldırarak kaplama yöntemi, temel olarak beş basamaktan oluşmaktadır;

1. Daldırma
2. Çıkartma
3. Kaplanma ve süzülme
4. Süzülme
5. Buharlaşma

DALDIRMA YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI

Bu yöntemle yüksek homojenlikte değişik kaplama kalınlıkları elde edilebilir ve kalınlık kontrolü kolayca yapılabilir. Ayrıca, aynı işlemi tekrarlayarak cam üzerine birden fazla kaplama yapılabilir. Bu şekilde birçok metal oksit tabakaları birbiri üzerine kaplanabilir. Bu durum geçirgenlik

ve yansıtma gibi optik özelliklerin geliştirilmesine olanak sağlar. Bu yöntemin diğer bir avantajı 12 m^2 gibi büyük cam plakaların kaplanabilmesidir. Boyutlar büyüdükçe kaplama maliyeti azalmaktadır. Daldırma yöntemi tüp, boru ve çubukların kaplanmasına olanak sağlar. Bu yöntemle elyaf kaplama da yapılabilir.

DALDIRMA YÖNTEMİNİN DEZAVANTAJLARI

Yöntemin belli başlı dezavantajı, likidin kaplanmış yüzeyden akış hızını değiştiren kübik veya prizma gibi şekilli yüzeyler için elverişli olmamasıdır. Ayrıca yatırım maliyeti de yüksektir.

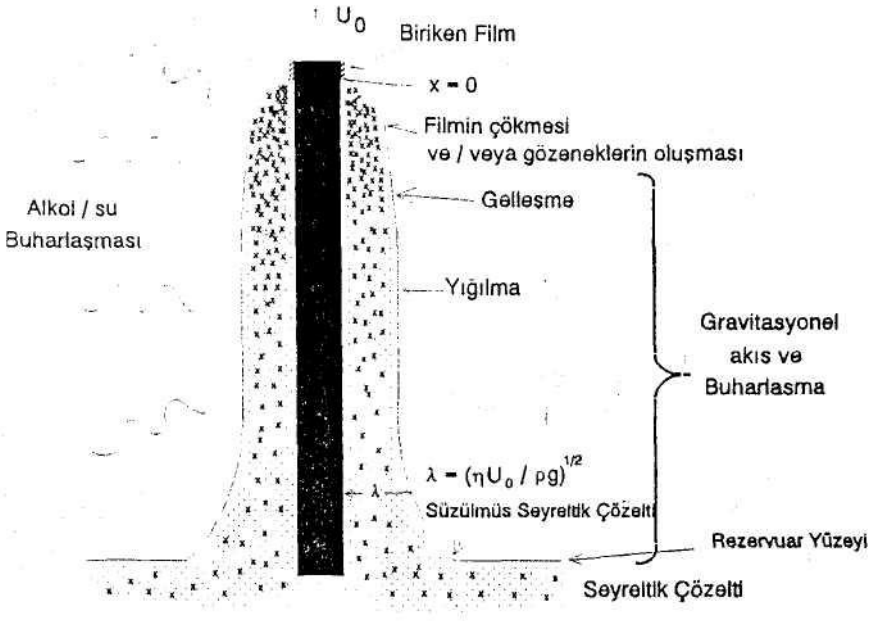
DALDIRMA YÖNTEMİNİN DİĞER UYGULAMALARI

Daldırma yöntemi aşağıdaki üç farklı şekilde uygulanabilmektedir:

1. Kaplanacak malzeme çözelti içine daldırılır ve yukarı çekilir (Dipping).
2. Kaplanacak malzeme çözelti kabı içinde sabit tutulur, çözelti alttan akıtılarak boşaltılır (Draining).
3. Çözelti dönen yüzeydeki kaplanacak malzeme üzerine damlatılır ve dönmenin etkisiyle yüzeyde eşit olarak dağıtılır (Spinning).

Daldırma yöntemiyle kaplanan malzemenin film kalınlığını altı adet kuvvet belirler:

1. Sıvının viskozitesi sebebiyle, taşıyıcı hareketi ile yukarı doğru oluşan kuvvet,
2. Gravitasyon kuvveti,
3. İç bükey şekil alan yüzeydeki yüzey geriliminden doğan kuvvet
4. Kaplanma aşamasına gelen sınırdaki sıvının iç kuvvetleri
5. Yüzey gerilimi değişimi
6. Ayırma ve birleştirme basıncı (1/im'den daha ince filmler için önemli)



Şekil 4 Sol-Jel Daldırarak Kaplama Metodu ile kaplanan filmde buharlaşma ve sürekli yoğunlaşma ile beraber süzülmenim sonucunda oluşan yapısal gelişmenin aşamaları.

Şekil 4'te daldırarak kaplama yönteminin birikim aşaması gösterilmiştir. Kaplama banyosunda bulunan seyreltik, etkileşmeydi ve polimerik malzeme, etkin buharlaşmanın eşlik ettiği gravitasyonel akış ve sonraki birikim reaksiyonları vasıtası ile taşıyıcı yüzeyi üzerine kaplanır. Solüsyon konsantrasyonu, önceki seyreltik malzemeye oranla 20-30 kat artar. Buna bağlı olarak, artan konsantrasyon ve sonraki birikim reaksiyonları sonucunda, viskozite oldukça artar.

Birikim aşamasındaki polimer büyümesi, muhtemelen Brownian'dan (seyreltik durum) balistik duruma geçişte olduğu gibi küme küme oluşur ve bu aşamanın ikinci kısmında buharlaşma sebebi ile kuvvetli iletim hareketleri mevcuttur [90].

KAYNAKLAR

[1] SCHMIDT, H., Scholz, H., Tunker G., J. Non-Cryst. Solids, 80, 557-563, (1986).
[2] SCHOLZE, H., J. Non-Cryst. Solids, 73, 669, (1985).
[3] SCHMIDT, H., J. Adhesion, Vol. 22, 77-80, (1987).
[4] ARPAÇ, E., VII. Kimya ve Kimya Mühendisliği Semp., Kuşadası, İzmir, (1988).
[5] SCHIMDT, H., Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 32, 327, (1984).
[6] RAVAINE, D., SEMINEL, A., CHARBOUILLOT, Y., and VINCENS, M., J. Non-Cryst. Solids, 82, 210-219, (1986).
[7] YOLDAS, B.E., Technological Significance of Sol-Gel Process and Process-Induced Variations in Sol-Gel Materials and Coatings, Journal of Sol-Gel Science&Technology, 1, 65-77, (1993).
[8] THOMAS, I.M., Optical Coating Fabrication in Sol-Gel Optics Processing and Applications, Klein, L.C., Kluwer Academic Publishers, London, pp. 141-158, (1994).
[9] PATTERSON, R.E., Silica in: Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 21, 977-1005, (1997).
[10] GUILEN, C, GANDIA, J., MORALES, A. and HERRERO, J., SiO_2 Sol-Gel Coated Conducting Substrates for Cuinse Electrodeposition, Surface and Coatings Technology, 115, 45-51, (1999).
[11] McKENZIE, J.D., J. Non-Cryst.Solids, 48, 1, (1982).
[12] McKENZIE, J.D., in: Ultrastructure Processing of Ceramics Glasses and Composites, eds L.L. Hench and V.R. Ulrich ch. 3, Wiley, N.Y., (1984).
[13] POPE, E.J.A. and McKENZIE, J.D., in: Better Ceram. Through Chem. II, eds. C.J. Brinker, D.E. Clark, D.R.Ulrich, p.809.
[14] PHILLIP, G., SCHMIDT, H., J. Non-Cryst. Solids, 63, 283, (1984).
[15] EDELMAN, K., Ann, 57, 319, (1846).
[16] GEFFAKEN, W., and BERGER, E., Deutsches, Reinchs, Patent: 736411, Jenaer Glaswerk, Schoot, (1939).
[17] DISLICH, H., HINZ, P. and KAUFMANN, R., FRG patent 1941 191 (1969).
[18] DISLICH, H., Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 10(6), 363, (1971).
[19] LEVENE, L., THOMAS, I.M., DAS 2009653 Inc., USA, (1969).
[20] ROY, R., J. Amer. Ceram. Soc., 52, 344, (1969).
[21] MAZDIYASNI, K.S., DOLLOF, R.T., SMITH, J.S., J. Amer. Ceram. Soc., 52, 513 (1969); 53, 91, (1970).
[22] YOLDAS, B.E., J. Mater. Sci. 12, 1203, (1977).
[23] ZARZYCKI, J., J. Non-Cryst. Solids, 48, 105, (1982).
[24] EBELMEN, Annales De Chimie Et De Physique, Ser.3, Bd 57:319-55, (1846).
[25] GEFFCKEN, W. and BERGER, E., Deutsches Reichspatent 736411, 1939.
[26] Prospect Rückspiegel Auf Interferenzoptischer Basis, Deutsche Uhrglasfabrik GmbH, Grunenplan, FRG, (1953).
[27] Prospect Glas Ohne Reflexe, Deutsche Spezialglas AG, Grunenplan, FRG, (1955).
[28] Prospect Calorex, Das Absolut Farbneutrale Sonnenref-Lexionsglas Von Schott Glaswerke, Mainz, FRG, (1983).
[29] KLEIN, L.C., Sol-Gel Technology for Thin Films, Fibers, Preforms, Electronics and Specialty Shapes, (1988).
[30] LEVENE, L. and THOMAS, I.M., U.S. Patent 3,640,093; February 8, (1972).
[31] DISLICH, H. And HINZ, P., History and Principles of the Sol-Gel Process and Some New Multicomponent Oxide Coatings, J. Non-Crystalline Solids, 48, 11-16, (1982).
[32] DISLICH, H., HUSSMANN, E., Amorphous and Crystalline Dip Coatings Obtained from Organometallic Solutions: Procedures, Chemical Process and Products, Thin Solid Films, 77,

129-139, (1981).
[33] DISLICH, H., Glassy and Crystalline Systems From Gels: Chemical Basis and Technical Application, J. Non-Crystalline Solids, 57, 371-388, (1983).
[34] JONES, R.W., Sol-Gel Preparation of Ceramics and Glasses, Chemtech, 748-751, (1988).
[35] DISLICH, H., HINZ, P., And WOLF, G., Jenaer Glaswerk Schott & Gen., Mainz, FRG, US-Patent, 4 228 491, (1978).
[36] SAKKA, S., KAMIYA, K., MAKITA, K., and YAMAMOTA, Y., Formation of Sheets and Coating Films From Alkoxide Solutions, J. Non-Crystalline Solids, 63, 223-235, (1984).
[37] MAKISHIMA, A., KUBO, H., WADA, K., KITAMI, Y., and SHIMOHIRA, T., Yellow Coatings Produced on Glasses and Aluminum by the Sol-Gel Process, J. Am. Ceram. Soc. 69(6), 127-129, (1986).
[38] ORGAZ, F., and RAWSON, H., Coloured Coatings Prepared by the Sol-Gel Process, J. Non-Crystalline Solids, 82, 378-390, (1986).
[39] DURAN, A., NAVARRO, J.M.F., CASARIEGO, P., And JOGLAR, A., Optical Properties of Glass Coatings Containing Fe and Co, J. Non-Crystalline Solids, 82, 391-399, (1986).
[40] BRINKER, C.J., and MUKHERJEE, S.P., Conf. Glass Through Chemical Processing, Rutgers University, USA, (1980).
[41] SAKKA, S., And KAMIYA, K., The Sol-Gel Transition in The Hydrolysis of Metal Alkoxides in Relation to the Formation of Glass Fibers and Films, J. Non-Crystalline Solids, 48, 31-46, (1982).
[42] BRINKER, C.J., KEEFER, K.D., SCHAEFER, D.W., and ASHLEY, C.S., Sol-Gel Transition of Simple Silicates, J. Non-Crystalline Solids, 48, 47-64, (1982).
[43] GUGLIELMI, M., and PRINCIPI, G., Gel-Glass Transformation in The SiO_2- Fe_2O_3 System, J. Non-Crystalline Solids, 48, 161-175, (1982).
[44] BRINKER, C.J., SCHERER, G.W., Sol-Gel-Glass: I. Gelation and Gel Structure, J. Non-Crystalline Solids, 70, 301-322, (1985).
[45] MACKENZIE, J.D., Applications of the Sol-Gel Process, J. Non-Crystalline Solids, 100, 162-168, (1988).
[46] BRINKER, C.J., Hydrolysis Condensation of Silicates: Effects on Structures, J. Non-Crystalline Solids, 100, 31-50, (1988).
[47] YOLDAS, B.E., Modification of Polymer-Gel Structures, J. Non-Crystalline Solids, 63, 145-154, (1984).
[48] YOLDAS, B.E., Hydrolytic Polycondensation of $Si(OC_2H_5)_4$ and Effect of Reaction Parameters, J. Non-Crystalline Solids, 83, 375-390,(1986).
[49] YOLDAS, B.E., Introduction and Effect of Structural Variations in Inorganic Polymers and Glass Networks, J. Non-Crystalline Solids, 51, 105-121, (1982).
[50] YOLDAS, B.E., Effect of Molecular Separation on the Hydrolytic Polycondensation of $Si(OC_2H_5)_4$, J. Non-Crystalline Solids, 82, 11-23,(1986).
[51] CHEN, K.C., TSUCHIYA, T., and MACKENZIE, J.D., Sol-Gel Processing of Silica I. The Role of the Starting Compounds, J.Non-Crystalline Solids, 227-237, (1986).
[52] POPE, E.J.A., and MACKENZIE, J.D., Sol-Gel Processing of Silica, II. The Role of the Catalyst, J.Non-Crystalline Solids, 185-198, (1986).
[53] ULRICH, D.R., Sol-Gel Processing, Chemtech, 242-249, April, (1988).
[54] BEIER, W., WELBROCK, U., FRISCHAT, G.H., Preparation of Li_2O-SiO_2 Gels and Glasses by Sol-Gel Methods, Glastech. Ber., 63, Nr.6, 163-171, (1990).
[55] MATSUYAMA, I., SUSA, K., SATOH, S., and SUGANUMA, T., Synthesis of High-Purity Silica Glass by the Sol-Gel Method, Ceramic Bulletin, Vol.63, No.11, 1408-1411, (1984).
[56] SAKKA, S., Sol-Gel Synthesis of Glasses: Present and Future, Am. Ceram. Soc. Bull., 64(11), 1463-66, (1985).

[57] DISLICH, H.; Sol-Gel 1984-2004, J. Non-Crystalline Solids, 73, 599-612, (1985).
[58] WENZEL, J., Trends in Sol-Gel Processing: Toward 2004, J.Non-Crystalline Solids, 73, 693-699, (1985).
[59] MACKENZIE, J.D., Glasses from Melts and Glasses From Gels, A Comparison, J. Non-Crystalline Solids, 48, 1-10, (1982).
[60] KWON, S.H., and CHUNG, S.J., Synthesis of Glasses in the Na_2O-CaO-Al_2O_3-SiO_2 System by a Sol-Gel Process, Physics and Chemistry of Glasses, Vol.28, No.l, 28-33, February, (1987).
[61] DUERKSEN, W.K., HOLCOMBE, C.E., and MORROW, M.K., United States Atomic Energy Commision, Washington D.C. USA, DOS 2345778, (1972).
[62] YOLDAS, B.E., Investigation of Porous Oxides as An Anti-Reflective Coating for Glass Surfaces, Applied Optics, 19, 1425-1429, (1980).
[63] ROBINOVICH, E.M., J. Mat. Sci., 20, 4259, (1985).
[64] ROBINOVICH, E.M., JOHNSON, D.W. Jr., MACCHESNEY, J.B., J. Am. Ceram. Soc., 66, 683, (1983).
[65] SAKKA, S., KAMIYA, K., J. Non-Cryst. Solids, 42, (1980).
[66] JONES, R.W., Sol-Gel Workshop Motes, Univ.of Worwick, England, (1987).
[67] FLETCHER, J.M., HARDY, C.J., Application of Sol-Gel Processes to Industrial Oxides Chem. and Ind., 48-51, (1968).
[68] LAUF, R.S., BOND, W.D, Fabrication of High Field Zinc Oxide Varistors Processing, Amer. Ceram. Soc. Bull., 63 (2), 278-81, (1984).
[69] BECHER, P.F., et al Cerams. Sintered Directly from Sol-Gels, Mat. Sci. Res., 11,79-86, (1978).
[70] BABONNEAU, F., SANCHEZ, C, LIVAGE, J., J. Non-Crys Solids, 106, 170, (1988).
[71] PERTHUIS, H., COLOMBAN, Ph., Well Densified Nasican Type Cerams., Elaborated Using Sol-Gel Process and Sintering at Low Temps. ow Mat. Res. Bull., 19(5), 621-631, (1984).
[72] MAZDIYASNI, K.S., Powder Synth. from Metal-Organic Precursors, Ceram. Int 8(2), 42-56, (1982).
[73] DISLICH, H., HINZ, P., History and Principals of the Sol-Gel Process and Some New Multicomponent Oxide Coatings, J. Non-Cryst Solids, 48, 11-16.
[74] PUYANE, R., GONZALES, C.J.R., Thin Film Deposition Using Sol-Gel Tech., 401, 307-311, (1983).
[75] LALOURSE, W.C, KIM, S., eds. L.L. Hench, D.R. Ulrich, Science of Ceramic Chem. Proc., (Wiley, N.Y.), p.304, (1986).
[76] BRADLEY, D.C, MEHROTRA, R.C., GAUR, D.P., Metal Alkoxides Academic Press, N.Y., (1978).
[77] KAY, B.D., ASSINK, R.A., in: Better Ceramics Through Chem. II, eds. C.J. Brinker, D.E. Clark, D.R., Ulrich, p.157, (1986).
[78] ZELINSKI, B.J.J., UHLMANN, D.R., Gel Tech. in Ceramics, J. Phys. Chem. Solids, Vol. 45, No.10.
[79] PARTLOW, D.P., YOLDAS, B.E., J. Non-Cryst. Solids, 46, 153, (1981).
[80] COOPER, A.R., Ceramic Processing before Firing (Edited by George Y., Onoda, Jr. and Larry Hench) p. 261, Wiley, N.Y., (1978).
[81] MUKHERJEE, S.P., J. Non-Cryst. Solids 42, 477, (1980).
[82] DISLICH, H., HINZ, P., J. Non-Cryst. Solids, 48, 11, (1980).
[83] MEERWEIN, H., BERSIN, T.; Ann., 476, (1929), 113; Chem. Abstr. 24 ,586, (1930).
[84] BRINKER, C.J., KEEFER, K.D., SCHAEFER, D.W and ASHLEY, C.S., J. Non-Cryst. Solids, 48, 47, (1982).

[85] KLEIN, L.C., GARVEY, G.J., J. Non-Cryst. Solids, 48, 97, (1982).
[86] DISLICH, H., Coatings on Glass, Glass Science and Technology, Vol.2, 251-283, (1984).
[87] HOLLAND, L., The Properties of Glass Surfaces, Chapman & Hall, London, (1964).
[88] GUENTHER, K.H., Thin Solid Films, 77, 239-251, (1981).
[89] PULKER, H.K., Coatings on Glass, Elsevier, (1987).
[90] GHODSI, F.E., Sol-Jel Ta_2O_5 Filmlerinin Optik ve Yapısal Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilim. Enst., İstanbul, (1995).

Isı Eşanjörlerinde Gravıty ve Radyasyon Etkisi

Mehmet Akif KARTAL[1]

Giriş

Bir ısı eşanjörü, maddelerin birbirine karışmasına izin vermeden, iki akışkan arasında ısı alışverişine izin vermektedir. Isı eşanjörü içinde uzun, dairesel kesitli bir boru bulunur. Bu boru, ısıtılabilen bir akışkan ile çevrilidir. Sıcak akışkan ise borudan beslenir ve hareket ettikçe çevredeki suyu kademeli olarak ısıtır. Isı transferinin gerçekleşme mekanizması kısacası bu şekilde gerçekleşmektedir.

Sıcaklıkları yüksek olan bir cisimden, sıcaklığı düşük olan bir cisme, cisimlerin birbirleriyle doğrudan fiziksel temas halinde olmadığı veya boşlukta birbirinden ayrıldığı durumlardaki ısı transferine, ısı radyasyonu denir. Gri cisim yüzeyleri arasındaki radyasyon ısı transferi, kara cisimler arasındakinden daha karmaşıktır, çünkü gri cisimler üzerlerine yansıtılan ışıma enerjisini tamamen ememez; bunun yerine enerjinin bir kısmı yansıtılarak yüzeyler arasında çoklu yansıma ve soğurma değerleri üretilir.

Katı, sıvı veya gaz halindeki tüm fiziksel maddeler, moleküllerinin ve atomlarının titreşimsel ve dönme hareketi nedeniyle bir elektromanyetik radyasyon süreci yoluyla enerji yayabilir. Böyle bir enerji akışının yoğunluğu cismin sıcaklığına ve yüzeyinin doğasına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Radyasyon, sıcaklıkla artan emisyon oranı ile tüm sıcaklıklarda meydana gelebilmektedir.

ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNİN TASARIM ÖGELERİ

Tüm ısı eşanjörleri aynı temel prensipler altında çalışır. Bununla birlikte, bu cihazlar tasarım özelliklerine göre birkaç farklı şekilde sınıflandırılabilir. Isı eşanjörlerinin sınıflandırılabileceği ana özellikler şunları içerir [1]:

- Akış yapılandırması
- Yapım metodu
- Isı transfer mekanizması

Bir ısı eşanjörünün akış düzenlemesi olarak da adlandırılan akış konfigürasyonu, ısı eşanjörü içindeki sıvıların birbirine göre hareket yönünü ifade eder. Isı eşanjörleri tarafından kullanılan dört ana akış konfigürasyonu vardır:

- Eşzamanlı akış
- Ters akış
- Çapraz akış
- Hibrit akış
- Eş Akımlı Akış

[1] Öğretim Görevlisi, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi

Paralel akışlı ısı eşanjörleri olarak da adlandırılan eşzamanlı akışlı ısı eşanjörleri, akışkanların birbirine paralel ve aynı yönde hareket ettiği ısı değiştirici cihazlardır. Bu konfigürasyon tipik olarak bir karşı akış düzenlemesinden daha düşük verimlilikle sonuçlansa da aynı zamanda ısı eşanjörünün duvarları boyunca en büyük termal homojenliğe izin verir. Homojenliği sağlamasının yanında verimin de göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Verimin daha da arttırılmasının istendiği durumlarda ters akış daha fazla tercih edilebilmektedir [2].

Ters Akış

Ters akışlı ısı eşanjörleri olarak da bilinen ters akışlı ısı eşanjörleri, sıvıların ısı eşanjörü içinde birbirine antiparalel yönlerde hareket edecek şekilde dizayn edilmekte ve imalatları gerçekleştirilmektedir. Akış konfigürasyonlarının en yaygın olarak kullanılan ters akış düzenlemesi, sıvılar arasında en büyük miktarda ısı aktarımına ve sonuç olarak sıcaklıktaki en büyük değişikliğe izin verdiği için tipik olarak en yüksek verimi sergilemektedir. Dolayısıyla verimin yüksek seviyelerde istendiği durumlarda tercih oranı daha yüksek olabilmektedir [3].

Çapraz akış

Çapraz akışlı ısı eşanjörlerinde akışkanlar birbirine dik olarak akmakta ve buna göre tasarım ve imalatlar gerçekleştirilmektedir. Bu akış konfigürasyonunu kullanan ısı eşanjörlerinin verimleri, karşı akımlı ve eş akımlı ısı eşanjörlerininki arasındadır. Kullanım yerlerine ve amacına göre çapraz akışlı ısı eşanjörleri tercih edilebilmektedir.

Hibrit Akış

Hibrit akışlı ısı eşanjörleri, daha önce belirtilen akış konfigürasyonlarının özelliklerinin bazı kombinasyonlarını sergiler. Kullanım yerlerine ve amacına göre hibrit akışlı ısı eşanjörleri tercih edilebilmekte, tasarım ve imalatları gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin, ısı eşanjörü tasarımları, tek bir ısı eşanjörü içinde çoklu akış geçişleri ve düzenlemeleri şeklinde hem karşı akış hem de çapraz akış düzenlemeleri olarak tasarımlanabilmektedir [4].

KONSTRÜKSİYON DETAYI

- **Doğrudan ve Dolaylı**

Reküperatif ısı eşanjörleri, akışkanlar arasında ısı alışverişi yapmak için doğrudan temaslı veya dolaylı temaslı transfer işlemlerini kullanır.

Direk temaslı ısı eşanjörlerinde akışkanlar cihaz içerisinde ayrılmamakta ve bir akışkandan diğerine ısı transferi direkt temas ile gerçekleşmektedir. Öte yandan, dolaylı ısı eşanjörlerinde, akışkanlar, ısı transfer işlemi boyunca borular veya plakalar gibi termal olarak iletken bileşenlerle birbirinden ayrı kalmaktadır [5].

- **Statik ve Dinamik**

İki ana rejeneratif ısı eşanjörü türü vardır: statik ısı eşanjörleri ve dinamik ısı eşanjörleri. Statik rejeneratörlerde, akışkanlar cihazdan akarken ısı eşanjörü malzemesi ve bileşenleri sabit kalırken, dinamik rejeneratörlerde malzeme ve bileşenler ısı transfer süreci boyunca hareket eder. Her iki tip de sıvı akışları arasında çapraz kontaminasyon riski altındadır ve bu da üretim sırasında dikkatli tasarım hususları gerektirir [6].

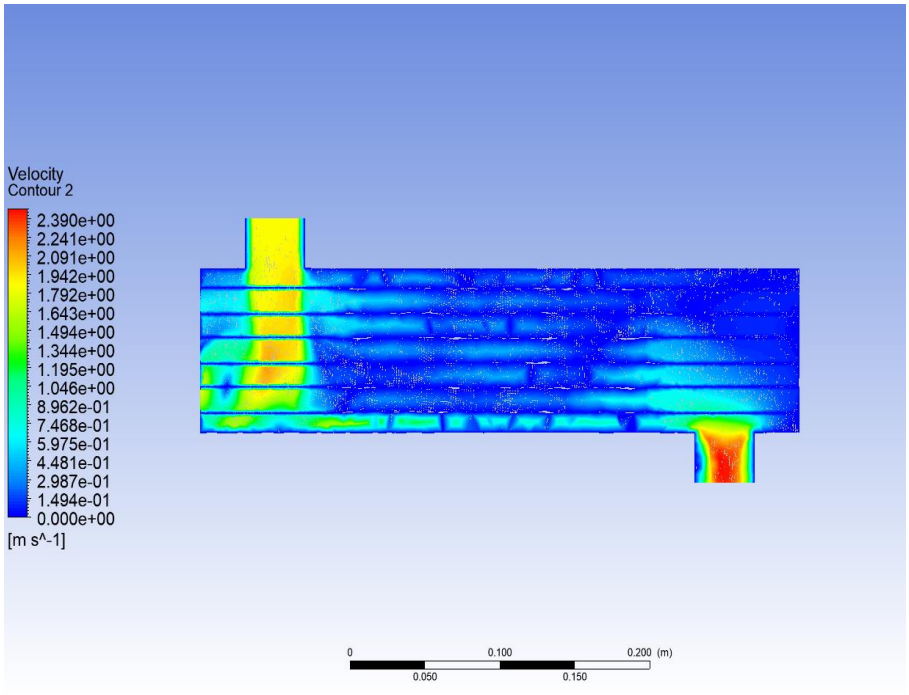
- **İyileştirici ve Yenileyici**

Isı değiştiriciler, reküperatif ısı değiştiriciler ve rejeneratif ısı değiştiriciler olarak sınıflandırılabilir. Reküperatif ve rejeneratif ısı eşanjör sistemleri arasındaki fark, reküperatif ısı eşanjörlerinde, her akışkanın eşanjör içindeki kendi kanalından eş zamanlı olarak akmasıdır. Öte yandan, rejeneratif ısı eşanjörleri, dönüşümlü olarak daha sıcak ve daha soğuk akışkanların aynı kanaldan akmasına izin verir. Hem reküperatörler hem de rejeneratörler, sırasıyla doğrudan veya dolaylı ve statik veya dinamik gibi farklı değiştirici kategorilerine ayrılabilir. Kullanım yerlerine ve

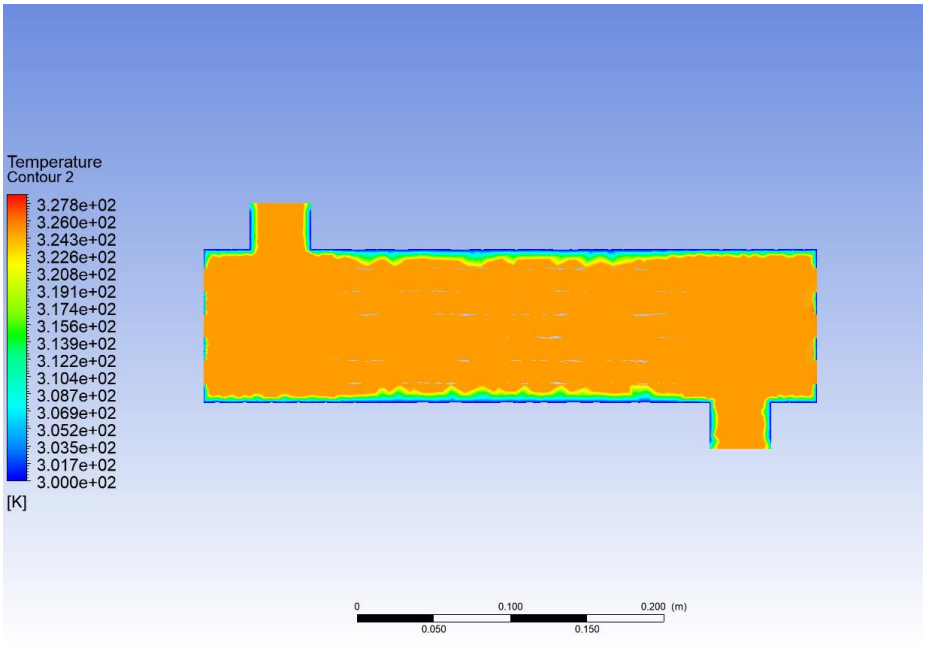
amacına göre reküperatif ısı değiştiriciler ve rejeneratif ısı değiştiriciler tercih edilebilmekte, tasarım ve imalatları buna göre gerçekleştirilebilmektedir [7].

GÖVDE BORULU ISI EŞANJÖRÜNDE GRAVITY VE RADYASYONUN AKIŞKAN DAVRANIŞINA ETKİSİ

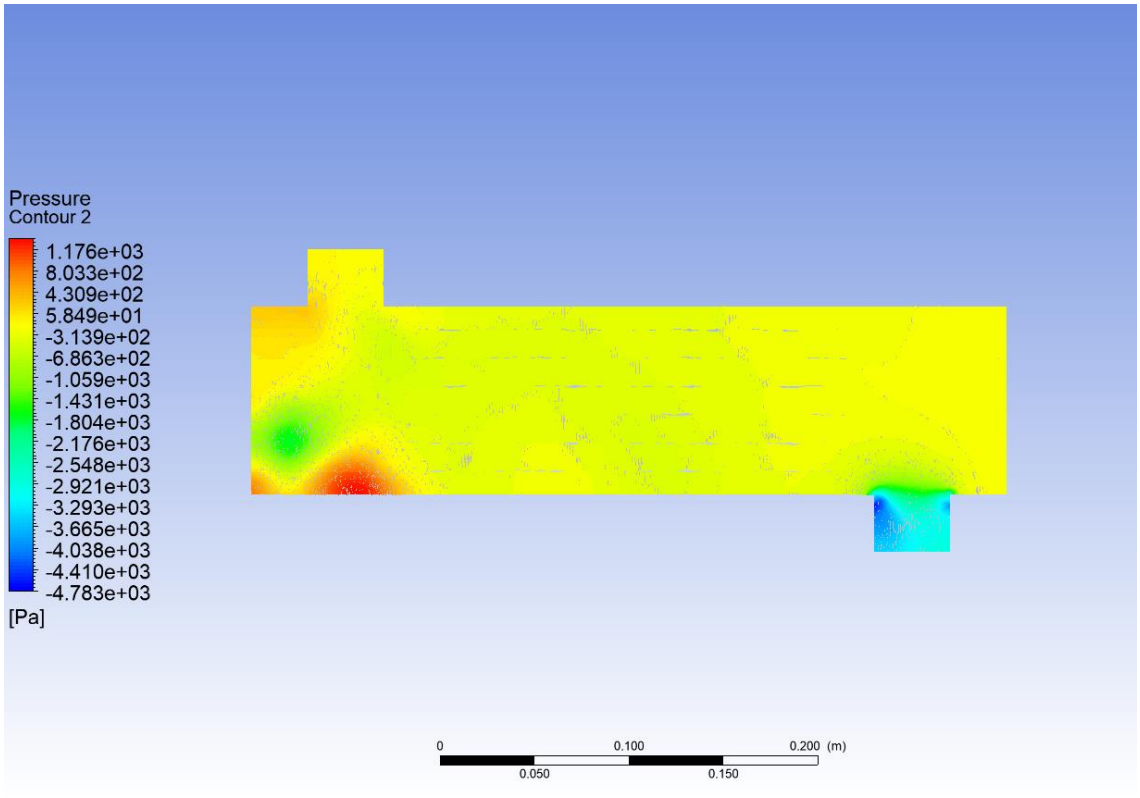
Bu bölümde, gövde borulu ısı eşanjöründe gravity ve radyasyonun akışkan davranışına etkisi incelenmiştir. Gravity ve radyasyona göre değişen akışkan davranışı incelenerek değerlendirilmeye tabii tutulmuştur.



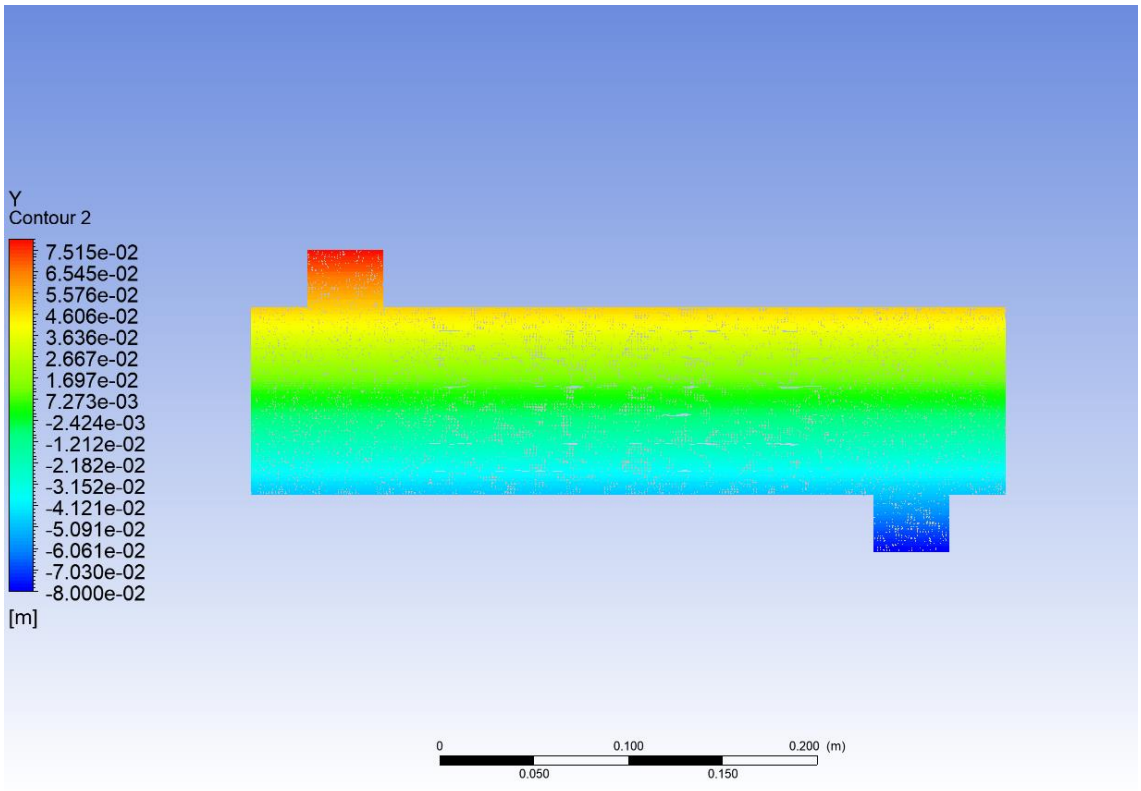
Şekil 1. Gövde borulu ısı eşanjöründe gravity ve radyasyon durumundaki hız dağılımı



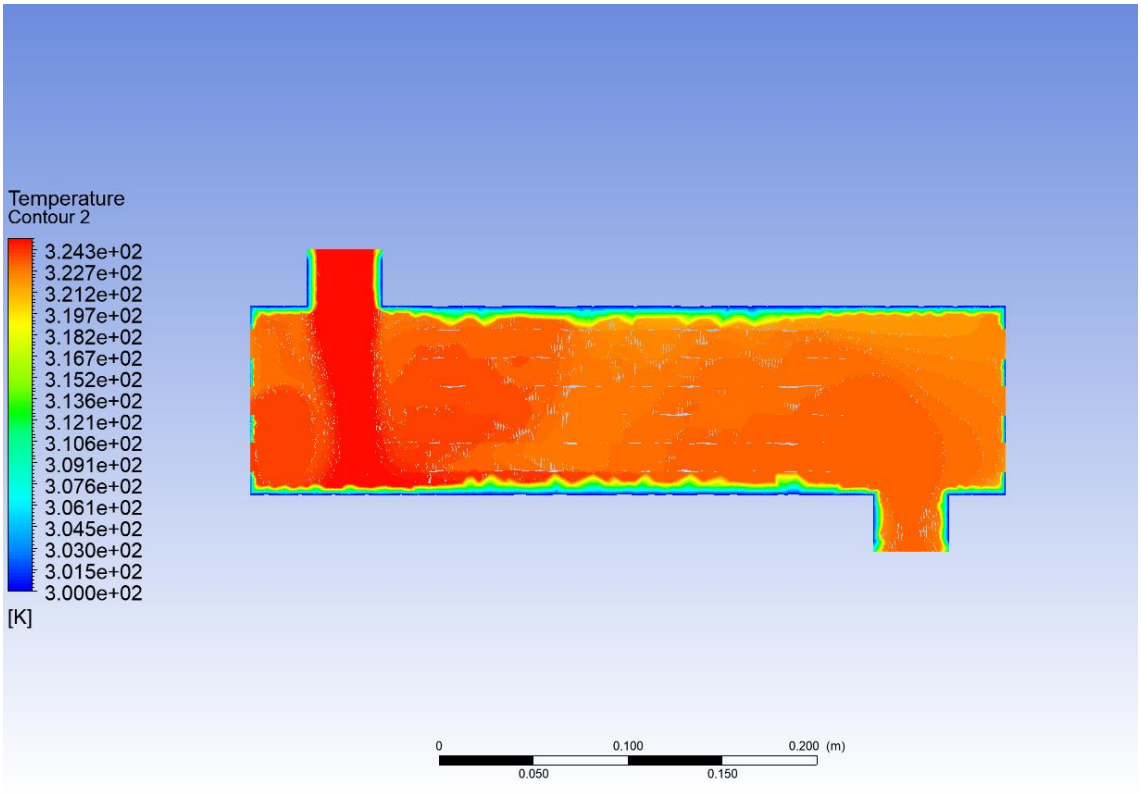
Şekil 2. Gövde borulu ısı eşanjöründe gravity ve radyasyon durumundaki sıcaklık dağılımı



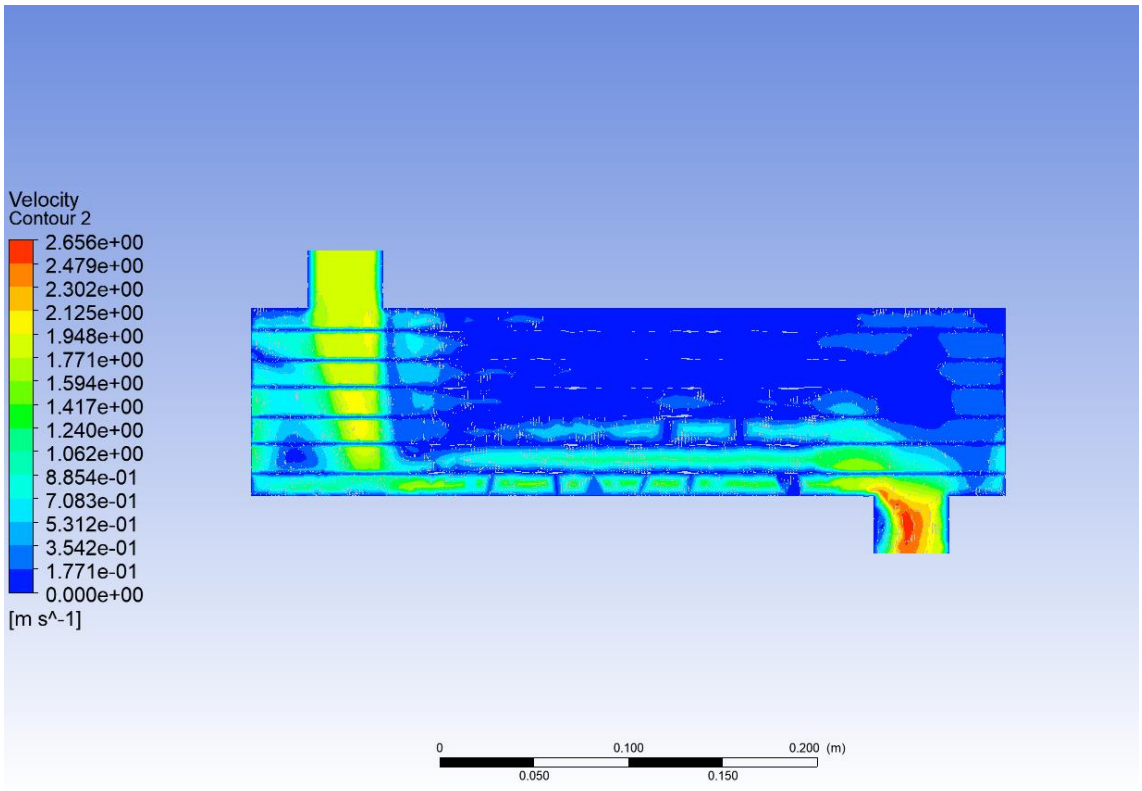
Şekil 3. Gövde borulu ısı eşanjöründe gravity ve radyasyon durumundaki basınç dağılımı



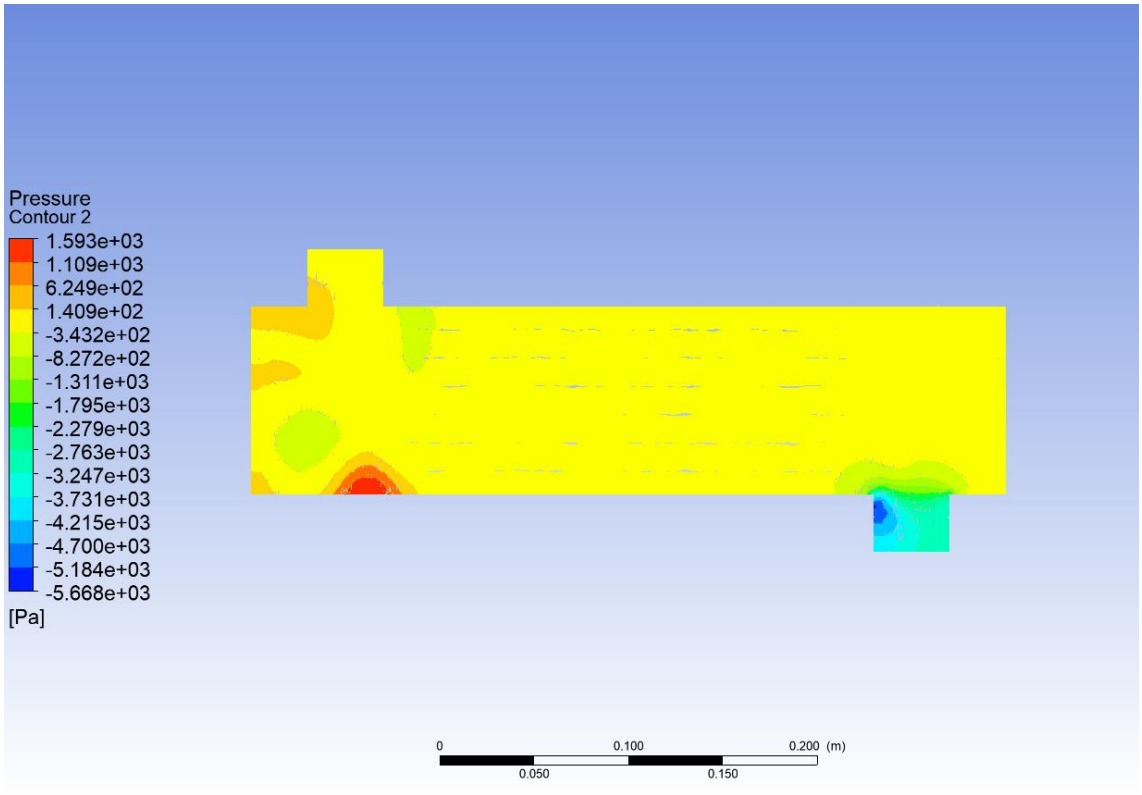
Şekil 4. Gövde borulu ısı eşanjöründe gravity ve radyasyon durumundaki Y dağılımı



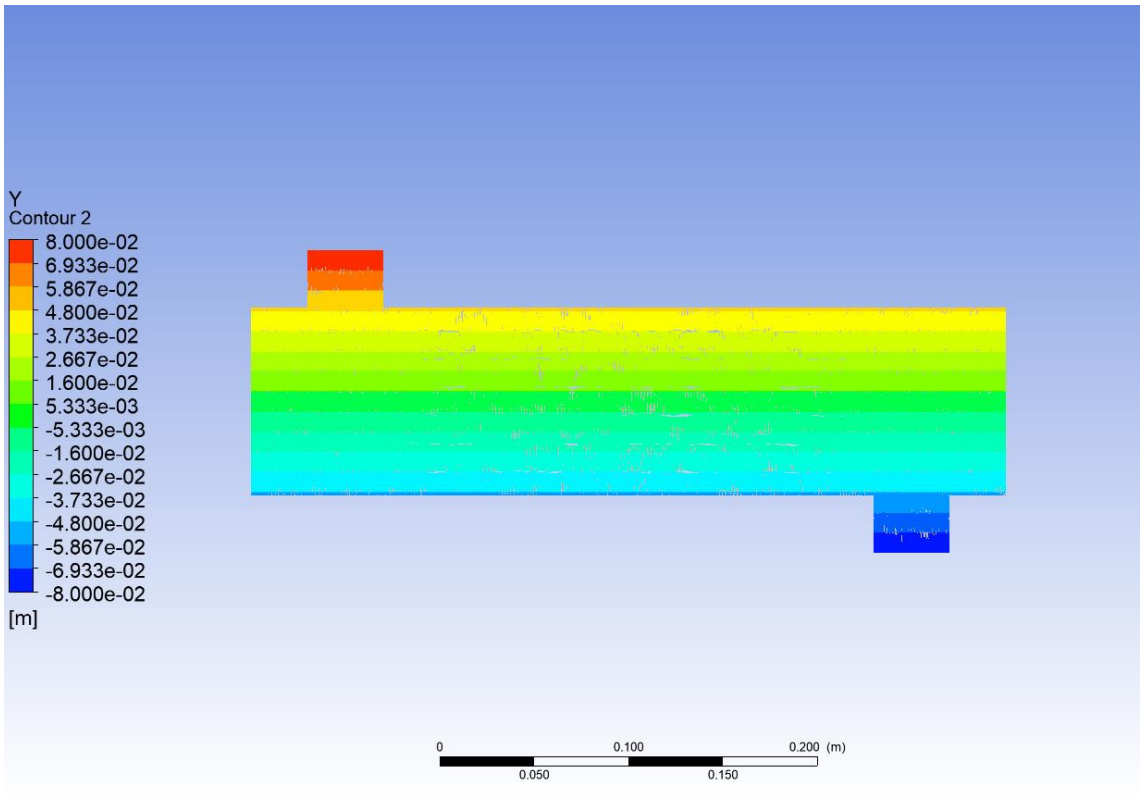
Şekil 5. Gövde borulu ısı eşanjöründe gravity ve radyasyon olmadığında sıcaklık dağılımı



Şekil 6. Gövde borulu ısı eşanjöründe gravity ve radyasyon olmadığında hız dağılımı



Şekil 7. Gövde borulu ısı eşanjöründe gravity ve radyasyon olmadığında basınç dağılımı



Şekil 8. Gövde borulu ısı eşanjöründe gravity ve radyasyon olmadığında Y dağılımı

SONUÇLAR

Bu çalışmada, gövde borulu bir ısı değiştiricisinde gravity ve radyasyonun hesaba katılmasıyla akışkan davranışına etkisi incelenmiştir. Gövde borulu bir ısı değiştiricisinde gravity ve radyasyona göre değişen akışkan davranışının hesaplamalara katılmadığı durum ile kıyaslamaların yapılarak değerlendirilmeler gerçekleştirilmiştir.

Gövde borulu ısı değiştiricisi gravity ve radyasyonlu durumda incelendiğinde sıcaklık değişiminde farklılıklar gözlenmiştir. Gravity ve radyasyonun hesaba katılmadığı durumda gövde tarafındaki sıcaklık dağılımının, gravity ve radyasyonun hesaba katıldığı durumdan daha yüksek bir seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Diğer bir taraftan, gravity ve radyasyonun hesaba katılmadığı durumda gövde tarafındaki hız dağılımının, gravity ve radyasyonun hesaba katıldığı durumdan daha yüksek bir seviyede olduğu gözlemlenmiştir.

Ek olarak, gravity ve radyasyonun hesaba katılmadığı durumda gövde tarafındaki basınç dağılımının gravity ve radyasyonun hesaba katıldığı durumdan daha yüksek bir seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, gravity ve radyasyonun hesaba katıldığı durumda basınç dağılımının nispeten daha homojenimsi bir yapıda olduğu da görülmüştür.

KAYNAKÇA

[1] Hewitt, G. F., Shires, G. L., and Bott, T. R., Process Heat Transfer, pp. 635–636, CRC Press, London, UK, 1994.

[2] Austerguard, A., Naess, E., and Sonju, O. K., Three Dimensional Flow Modelling of Shell Side Flow in a Novel Helical Flow Shell and Tube Heat Exchanger, ICHMT Int. Symp. on New Developments in Heat Exchangers, Lisbon, Portugal, 1993, Paper 5.5.

[3] Polley, G. T., and Panjeh Shahi, M. H., Interfacing Heat Exchanger Network Synthesis and Detailed Heat Exchanger Design, Trans. IChemE, vol. 69, part A, pp. 455–457, 1991.

[4] Zhu, X. X., Zan r, M., and Klemes, J., Heat Transfer Echancement for Heat Exchanger Network Retro t, Heat Transfer Eng., vol. 21, pp. 7–18, 2000.

[5] L.L. Vasiliev, D.A. Mishkinis, A.A. Antuh, A.G. Kulakov, L.L. Vasiliev Jr., Heat pipe cooled and heated solid sorption refrigerator, in: Proceedings of the 19th International Congress of Refrigeration, vol. IIIa, Holland, 1995, pp. 200–208.

[6] Butterworth, D., Developments in Shell and Tube Exchangers, ICHMT Int. Symp. on New Developments in Heat Exchangers, Lisbon, Portugal, 1993, Paper L.7.

[7] R.E. Critoph, The use of thermosyphon heat pipes to improve the performance of a carbon–ammonia adsorption refrigerator, in: Procceedings IV Minsk International Seminar "Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators", 12–15 September 2000, Minsk, Belarus, pp. 35–41.

KIRSAL ALANDA KAMULAŞTIRMA SORUNLARI

Fazıl NACAR

KIRSAL ALANLARDA KAMULAŞTIRMADA YAŞANILAN SORUNLAR

Kamulaştırma Bedelinin Düşük Olması ve Taşınmazın Çok Malikli Olmasından Dolayı Kamulaştırmada Yaşanılan Sorunlar

Kamulaştırma işlemine tabi olan taşınmazın birden çok hak sahibi olması durumudur. Taşınmazın kamulaştırma alanının çok küçük olması ya da hak sahiplerine düşen kamulaştırma bedelinin çok düşük olması durumunda kamulaştırma işlemleri anlaşma usulü ile yapılmamaktadır. Örneğin Proje gereği taşınmazın 5 m2 lik kısmı kamulaştırılacaktır. Taşınmazın m2 birim fiyatı 20 liradan kamulaştırma bedeli 100 lira belirlenir. Bu durumda hissedar başına 5 tl kamulaştırma bedeli düşmektedir. Taşınmaza ilişkin kamulaştırma bedelinin, hak sahiplerinin uzlaşma görüşmeleri için geliş gidiş masraflarından daha az olması sebebiyle mülkiyet sahipleri ile anlaşma yapılamamaktadır.

Örneğin: Adıyaman İli, Gölbaşı ilçesi, Çelik Mahallesindeki kamulaştırma işlemi yapılan bir parseldeki kamulaştırma alanı 11 m2 olup, parsel de 480 tane malik hissedarı vardır. Bu da kamulaştırma bedelinden çok daha fazla maliyet ve zaman kaybına yol açmaktadır.

Hazine Taşınmazları Üzerindeki Mütemmüm Cüzlerin (Arazi Üzerindeki Ağaç ve Sabit Tesis) Kamulaştırılmasında Yaşanılan Sorunlar

Mülkiyeti hazineye ait olan taşınmazların üzerinden vatandaşlara ait ağaç yapı vs. bulunması durumunda tapu kütüğünde mütemmüm cüzlerin kişiye ait olduğuna dair belirtme var ise yer bedeli olmadan sadece mütemmüm cüzlerine kamulaştırma bedelleri ödenmektedir. Eğer tapu kaydında herhangi bir belirtme bulunmuyorsa ilgili Asliye Hukuk Mahkemesine "Muhdesat Aidiyetinin Tespiti" davası açılarak Mahkemenin kararı doğrultusunda kamulaştırma bedeli ödenebilmektedir. Davalar uzun sürdüğü için projelerin hayata geçirilmesi gecikmektedir.

Hisseli Taşınmazlarda Arazi Üzerinde Bulunan Mütemmüm Cüzlerin Tek Bir Kişiye Ait Olması Durumunda Kamulaştırmada Yaşanılan Sorunlar

Tapu kaydında bulunan tüm malikler taşınmazda hissesi oranında hak sahibidir. Kamulaştırma bedeli ödenirken hissedarlara hisseleri oranında ödeme yapılır. Taşınmazların üzerinde bulunan mütemmüm cüzler tek bir kişiye ait ise diğer hissedarlar dilekçe ile bu durumu İdareye bildirir ve ağaç bedellerinin bir kişiye ödenmesini talep eder ise mütemmüm cüz bedelleri tek kişiye ödenebilir. Eğer diğer hissedarlar dilekçe vermez ise ağaçların sahibi olduğunu belirten hissedar ilgili Asliye Hukuk Mahkemesine "Muhdesat Aidiyetinin Tespiti" davası açarak mütemmüm cüzlerin kendisine ait olduğuna dair kararı İdareye ibraz etmesi durumunda mütemmüm cüzlerin kamulaştırma bedeli o kişiye ödenir. Kamulaştırma işlemleri anlaşma usulü ile yapılmadan Mahkeme kararı ile yapıldığından dolayı kamulaştırma süreci uzayarak projelerin hayata geçirilmesi gecikmektedir.

BİLİRKİŞİ RAPORU
ASLİYE 6.HUKUK HÂKİMLİĞİNE
GAZİANTEP

Dosya No : 2014 / 811
Davacı : Hamit Akden vekili Av. Gülay Kaya Yıldırım ve Av. Müjdat Ekdekioğlu
Davalı : Kaşyolu Köyü Muhtarlığı ve Hazine vekili Av. Sevgül Özdemir
Dava : Muhdesat Aidiyetinin Tespiti (Tapu İptali ve Tescil)

Yukarıda tarafları ve konusu yazılı davada Mahkemeniz tarafından resen bilirkişi seçilmem nedeni ile 22.06.2015 tarihinde mahkeme heyeti ve taraflarla birlikte dava konusu yere gidildi, yerinde ve daha sonra dosya üzerinde yaptığım incelemeler sonunda takdiri Yüce Mahkemenize ait olmak üzere raporumu aşağıda sunuyorum.

1– DAVA KONUSU VE TALEP:

Dava konusu taşınmaz, Gaziantep İli, Oğuzeli İlçesi tapu sicilinin, Kaşyolu Köyü Mağara Mezrasında bulunan 303 parselin bitişiğinde ve 292 parselin bitişiğinde bulunan yerlerdir.

Davacı vekilinin 01.07.2014 tarihli dava dilekçesinde:

Müvekkilinin, davalıların Gaziantep İli, Oğuzeli İlçesi tapu sicilinin,Kaşyolu Köyü Mağara Mezrasında bulunan 303 parselin bitişiğindeki ile 292 parselin bitişiğinde bulunan ve ekli krokiye göre 396 ve 401 parselde kayıtlı yerlerin 20 yılı aşkın süredir malik sıfatıyla özel harman yeri olarak kullandığını, zamanla buranın mezra haline gelmesiyle söz konusu yere ev, ahır, samanlık ve diğer müştemilatları yaptığını, bahçeyi ağaçlandırdığını, bu nedenle müvekkilinin malik sıfatıyla zilyetliğin şartlarının oluştuğundan dolayı dava konusu yerin tapuda adına tescilini istemek zarureti ortaya çıktığını,

Yasa ve Yargıtayın yerleşmiş içtihatlarında da belirtildiği üzere M.K. ilgili maddesine göre tescil talebinin yenilik doğurucu olmayıp açıklayıcı olduğunu, mülkiyetin ihya ve imarın oluşturulması ve 20yıllık sürenin doğmasıyla kazanıldığını, mahkemece tescile karar verilmesinin açıklayıcı nitelikte olduğunu,

Dava konusu taşınmazın bulunduğu yerlerin tamamının DSİ tarafından yapımına başlanan Doğanpınar barajının altında kalacağını, mevcut durumda müvekkilinin mülkiyet ve taşınmaz üzerinde yaptığı müştemilat nedeniyle zararı doğacağını, müvekkilinin yasal şartların oluşması nedeniyle mülkiyeti kazandığını, kamulaştırma yapan idare tarafından taşınmazın ve müştemilatın tescili yapılmadan kamulaştırma bedelinin ödenmeyeceğinin belirtildiğini, belirtmek suretiyle netice olarak Gaziantep İli, Oğuzeli İlçesi tapu sicilinin,Kaşyolu Köyü Mağara Mezrasında bulunan 303 parselin bitişiğindeki ile 292 parselin bitişiğinde bulunan ve ekli krokiye göre 396 ve 401 parselde kayıtlı taşımazların müvekkili adına tesciline,

Bu taleplerinin kabul edilmemesi durumunda taşınmaz üzerinde bulunan ev, ağaçlar, ahır, ocaklık ve tüm muhdesatın müvekkiline ait olduğunun tespiti ile tapuya bu konuda şerh düşülmesine verilmesini talep etmiştir.

Davacı vekilinin daha sonra vermiş olduğu 28.04.2015 kayıt tarihli dilekçesinde, tapu iptali ve tescil taleplerinden vazgeçtiklerini, diğer talepleri olan muhdesatların aidiyetinin tespiti ve tapuya işlenmesi talepleri ile davaya devam ettiklerini belirtmiştir.

2- İNCELEME ve KANAATİM:

Keşif esnasında dava konusu köy boşluğu olarak tapulama harici olan yer üzerinde tek katlı yapıların yapılmış olduğu tarafımdan tespit edilmiştir.

1

Şekil 6.1.1. Bilirkişi raporu

Dosyada bulunan Fen Bilirkişi raporunda A harfi ile belirtilen yapının yığma olarak yapıldığı görülmüştür. Yapının mesken olarak kullanıldığı, kapısından odaların açıldığı hole girildiği, holün sol tarafında birbirine bitişik 2 adet odanın mevcut olduğu tespit edilmiştir. Holün sağ tarafında mutfak ve karşıda binaya eklenen banyo ve WC, kümes ve yerel tabirle ocaklık olarak isimlendirilen bölümün bulunduğu tespit edilmiştir.

Binanın hol kısmının ve banyo WC'sinin tabanı seramik döşeme kaplaması yapılmış olup, banyo WC'nin bitişiğindeki tabanı şap olan oda dışında kalan diğer oda ve mutfağın tabanı ise karo mozaik döşeme kaplaması yapılmıştır.

Ocaklık yapısı tabanı şap olup, duvarları sıvasız ve boyasızdır. Ayrıca üzeri yuvarlak kavak keresteden mertekler üzerine oluklu galvanizli sac ile kapatılmıştır. Kümen yapısı yığma olarak inşa edilmiş olup, taban kaplaması şap, duvarları sıvasız ve boyasızdır. **Ocaklık yapısının inşaat alanı 21,50 m²**, **kümes yapısının inşaat alanı** ise **13 m²** yüzölçümlüdür.

Bu yapı yığma olarak inşa edilmiş olup, inşaat alanı ise merdiven alanı da dahil olmak toplam üzere **157,03 m²** olup, **21,50 m² ocaklık** ve **13 m² kümes** yapılarının inşaat alanları düşüldüğünde **meskenin inşaat alanı 122,53 m²** kalmaktadır. **Bu hesaplamada 303 parsel sınırları içersinde kalan 2 katlı yapı değerlendirmeye alınmayacaktır.**

Fen Bilirkişi raporunda B harfi ile belirtilen yapı yarı yığma, yarı betonarme, olarak yapıldığı görülmüştür. Bu yapının inşaat alanı merdiven alanı da dâhil olmak toplam üzere **110,83 m²** yüzölçümlüdür. **Bu hesaplamada yapının 292 parsel sınırları içersinde kalan kısmı değerlendirmeye alınmayacaktır.**

Taşınmaz üzerindeki yapıların değerlendirilmesi için, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2014 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ nazara alınacaktır.

Bu tebliğe göre dava konusu taşınmaz üzerindeki Fen Bilirkişi raporunda **A harfi ile belirtilen yapının mesken olarak kullanılan** kısmı **3.Sınıf A Grubu yapı** olup, birim maliyeti **550,-TL/m²**'dir.

Ocaklık ve kümes olarak kullanılan kısmı **1.Sınıf A Grubu yapı** olup, birim maliyeti **100,-TL/m²**'dir. Ancak **ocaklık** olarak kullanılan yapının gerçekleşme oranının **%50** olduğu kanaatindeyim.

Mesken olarak kullanılan yapı ve kümes olarak kullanılan yapı yaklaşık 19 yıllık olup, Emlak Vergisine Matrah Olacak Değerlerin Saptanmasına İlişkin Tüzüğün 23.maddesinde belirtilen cetvele göre mesken olarak kullanılan yapı **%20** oranında yıpranmıştır.

Bunlara göre:

Mesken olarak kullanılan yapının dava tarihindeki yapı değeri:
122,53 m² x 550,-TL/m² x 0,80(%20 yıpranma) = **53.913,20TL** olmaktadır.

Ocaklık yapısının dava tarihindeki yapı değeri:
21,50 m² x 100,-TL/m² x 0,50(gerçekleşme oranı) = **1.075,-TL** olmaktadır.

Kümes olarak kullanılan yapının dava tarihindeki yapı değeri:
13 m² x 100,-TL/m² x 0,80(%20 yıpranma) = **1.040,-TL** olmaktadır.

Fen Bilirkişi raporunda **B harfi ile belirtilen ambar olarak kullanılan** yapı **1.Sınıf A Grubu yapı** olup, birim maliyeti **100,-TL/m²**'dir.

Ambar olarak kullanılan dava tarihindeki yapı değeri:
110,83 m² x 100,-TL/m² x 0,80(%20 yıpranma) = **8.866,40TL** olmaktadır.

2

Şekil 6.1.2. Bilirkişi raporu

Bunlara göre dava konusu muhdesatın dava tarihindeki toplam değeri ise:
Mesken olarak kullanılan yapının değeri = 53.913,20TL
Ocaklık olarak kullanılan yapının değeri = 1.075,00TL
Kümes olarak kullanılan yapının değeri = 1.040,00TL
Ambar olarak kullanılan yapının değeri = 8.866,40TL
Toplam = **64.894,60TL** olmaktadır.

Takdiri Yüce Mahkemenize ait olmak üzere raporumu saygı ile sunarım.
02.07.2015

BİLİRKİŞİ
M. Ali ÖZEMİR
İnş. Müh.

3

Şekil 6.1.3. Bilirkişi raporu

İLİ : GAZİANTEP
İLÇESİ : OĞUZELİ
MAHALLESİ: KAŞYOLU
PARSEL : KÖY BOŞLUĞU
DOSYA : 2014/811

24 12 2014

6.ASLİYE HUKUK MAHKEMESİNE
GAZİANTEP

18.12.2014 tarihinde Mahkeme Heyeti ile birlikte, 2014/811 Esas sayılı dosyaya istinaden tapu iptali ve tescil davası açılan yere gelindi. Dava konusu yere sınır olan Kaşyolu Köyü 292 nolu parsel ile 303 nolu parselin sınırları zemine aplike edildi ve paftasına uygun olduğu belirlenip mahkeme heyetine gösterildi.

Sonrasında yanımızda bulunan Gps cihazı ile davacının zeminde tarafımıza gösterdiği yeri Mahkeme heyetinin nezaretinde ölçtük.

Arazide elde edilen veriler büro ortamında kadastro paftaları ile çakıştırılarak aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

- Davacının kullandığı ve ekli krokide A harfi ile gösterilen yerin 303 numaralı parselin kuzeyinde bulunan Köy Boşluğuna denk geldiği ve 157.03 m2 olduğu tespit edilmiştir.
- Krokide B harfi ile gösterilen yerin ise 292 numaralı parselin batısında bulunan Köy Boşluğuna denk geldiği ve 110.83 m2 olduğu tespit edilmiştir.
- Ayrıca dava konusu olan yerlerin üzerinde bulunan muhdesatlar ölçülerek ekli krokide gösterilmiştir.

Takdirlerinize arz ederim.19.12.2014

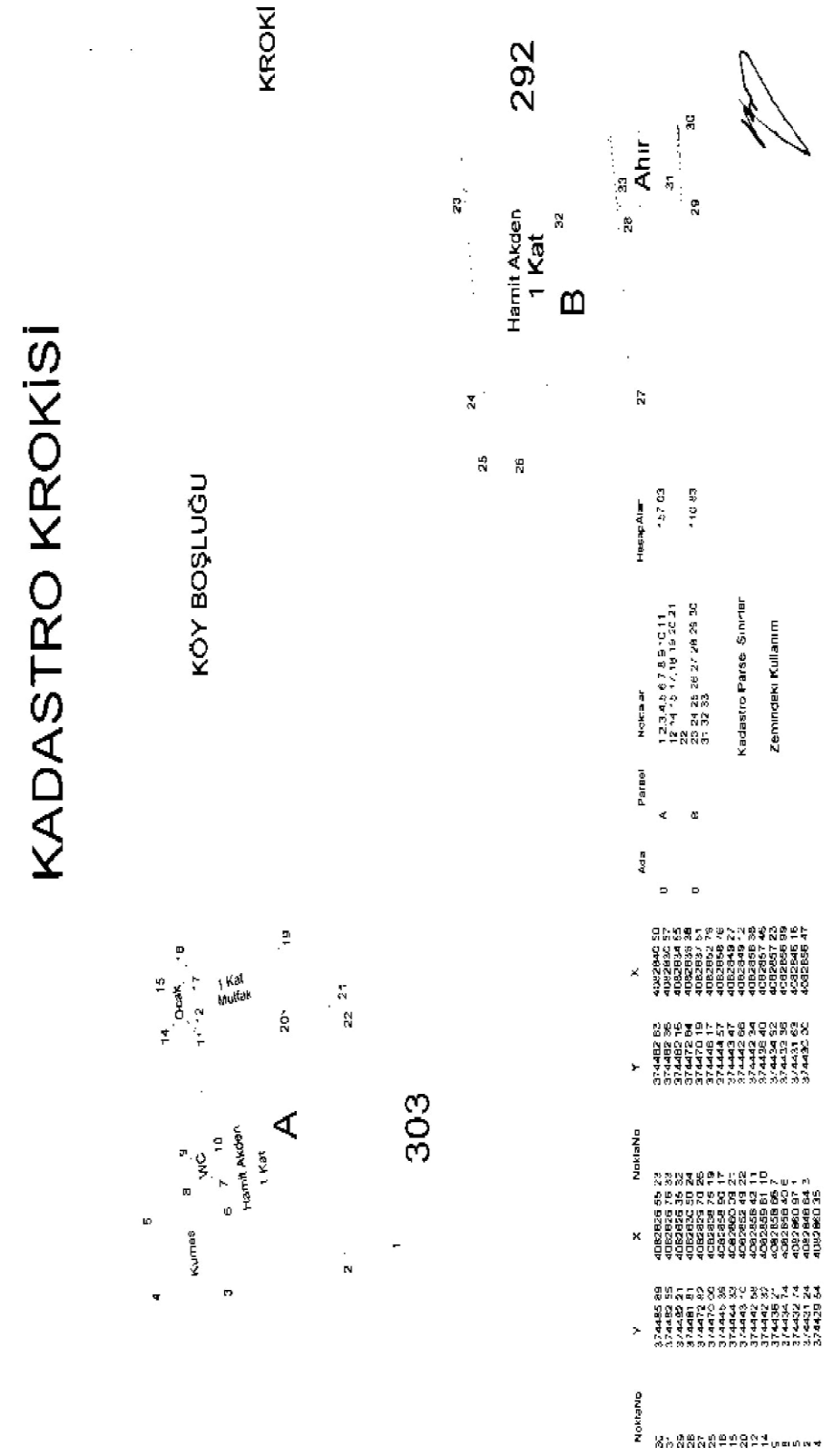
İbrahim İBİŞ
Fen Bilirkişisi

İbrahim Halil PAYIR
Harita ve Kadastro Mühendisi

EK :

1) Kadastro Krokisi (1 Sayfa)

Şekil 6.1.4. Fen Bilirkişi raporu



Şekil 6.1.5. Fen Bilirkişi raporu

Dsf 397
399
396
401

TÜRK MİLLETİ ADINA

T.C.
GAZİANTEP
6. ASLİYE HUKUK MAHKEMESİ **GEREKÇELİ KARAR**

ESAS NO	: 2014/811 Esas
KARAR NO	: 2015/859
HAKİM	: MEHMET ZEKİ ÖNDER 34006
KATİP	: ERGÜN KOŞMAZ 155031
DAVACI	: HAMİT AKDEN - 42697207300 Mağara Mezrası No:1 Kaşyolu Merkez Oğuzeli/ GAZİANTEP
VEKİLLERİ	: Av. MÜJDAT ELDELEKLİ - Fatih. Mh. Fevzi Çakmak Blv. No:161 Gelincik Apt. K:4/8 Şehitkamil/ GAZİANTEP Av. GÜLAY KAYA YILDIRIM - Fatih Mh. Fevzi Çakmak Blv No:161 Gelincik Apt K:4/8 Şehitkamil/ GAZİANTEP Av. SEZGİN BAT EKER - Defterdarlık Binası Muhakemat Müdürlüğü Şehitkamil/ GAZİANTEP
DAVALI VEKİLİ	: 1- HAZİNE - Muhakemat Müdürlüğü Merkez/ GAZİANTEP : Av. SEVGÜL ÖZDEMİR - Gaziantep Defterdarlığı - Muhakemat Müdürlüğü / GAZİANTEP
DAVALILAR	: 2- KAŞYOLU KÖYÜ TÜZELKİŞİLİĞİ - Kaşyolu Köyü Muhtarlığı Oğuzeli/ GAZİANTEP 3- OĞUZELİ BELEDİYE BAŞKANLIĞI - Oğuzeli Belediye Başkanlığı Belediye Hizmet Binası Oğuzeli/ GAZİANTEP 4- BÜYÜKŞEHİR BELEDİYE BAŞKANLIĞI - Büyükşehir Belediyesi Başkanlığı GAZİANTEP
DAVA	: Muhdesat Aidiyetinin Tespiti
DAVA TARİHİ	: 01/07/2014
KARAR TARİHİ	: 16/10/2015
YAZIM TARİHİ	: 19/10/2015

Davacı vekili tarafından mahkememize açılan davanın yapılan açık yargılaması sonucu verilen karar uyarınca;

GEREĞİ DÜŞÜNÜLDÜ:

Davacı Hamit vekili dava dilekçesinde özetle; davacının Gaziantep İli Oğuzeli ilçesi Kaşyolu Köyü sınırları içerisinde yer alan, tapuda kayıtlı olmayan ve köy boşluğu vasfı ile tescil harici bırakılan taşınmazı, imar ihya ettiğini, üzerine ahır, konut, samanlık ve diğer müştemilatlar yapmak sureti ile 20 yılı aşkın süreden bu yana nizasız ve fazılasız malik sıfatı ile tasarruf ettiğini, taşınmazın bir süre sonra yapımı devam eden baraj gölü alanı altında kalacağını belirterek, davaya konu edilen ve tapuda kayıtlı olmayan taşınmazın zilyetlik nedeni ile davacı adına tapuya kayıt ve tesciline, bu mümkün olmadığında davaya konu muhtesatların davacı tarafından meydana getirildiğinin tespitine karar verilmesini talep ve dava etmiş, yargılama aşamasında davacının ölmesi nedeniyle mirasçıların katılımıyla davaya devam edilmiştir.

e-imza e-imza

UYAP Bilişim Sisteminde yer alan bu dokümana http://vatandas.uyap.gov.tr adresinden EV788Rn - anX7X3T - IPWxbuA - l7StG0= kodu ile erişebilirsiniz.

Şekil 6.1.6. Mahkeme Kararı

T.C. GAZİANTEP 6. ASLİYE HUKUK MAHKEMESİ **Esas-Karar No:** 2014/811 Esas - 2015/859

Davalı Hazine ve dahili davalı Büyükşehir Belediye vekili; davanın reddini istemiştir.

Diğer davalılar; usulüne uygun tebligata rağmen yargılamaya katılmamıştır.

Davacı vekili 28.04.2015 havale tarihli dilekçe ile tescil talebinden feragat etmiştir.

Dava aidiyetin tespiti talebine ilişkindir.

Davaya konu muhtesatların inşaa edildiği taşınmazın Gaziantep İli Oğuzeli ilçesi Kaşyolu Köyü sınırları içerisinde yer aldığı, köy boşluğu vasfı ile tescil harici bırakılan yerlerden ve DSİ tarafından yapımına başlanılan Doğanpınar Baraj Göl alanı altında kalacak yerlenden olduğu,

davacının 1995 yılında Fenci Bilirkişiler İbrahim İbiş ve İbrahim Halil Payır tarafından düzenlenen 19.12.2014 tarihli rapor ekinde yer alan krokide A harfi ile gösterilen taşınmaz bölümü üzerine bir katlı 122,53 m2 oturum alanlı yığma bina (konut), ocaklık ve kümes, B harfi ile gösterilen taşınmaz bölümü üzerine bir katlı 110,83 m2 oturum alanlı yarı yığma yarı betonarme bina inşaa ettiği dosya içeriği ile sabittir.

1-Davacının Fenci Bilirkişiler İbrahim İbiş ve İbrahim Halil Payır tarafından düzenlenen 19.12.2014 tarihli rapor ekinde yer alan krokide A harfi ile gösterilen taşınmaz bölümü üzerine inşaa edilen ocaklık ve kümes'in aidiyetinin tespine karar verilmesi talebi ile ilgili gerekçe:Somut olayda aidiyetinin tespiti istenilen ocağın tabanın şap olduğu, duvarlarının sıvasız ve boyasız olduğu, ayrıca üzerinin yuvarlak kavak kereste ve oluklu galvanizli sac ile kapatıldığı, kümesin yığma olarak inşaa edildiği, tabanın şap olduğu, duvarlarının sıvasız ve boyasız olduğu, bu şekilde yapıların bütünleyici parça niteliğinde olmadığı anlaşılmıştır.

Yargıtayın yerleşik içtihatlarında da belirtildiği üzere tespit edilen eşya bütünleyici parça niteliğinde değilse, menkul eşya hükmüne tabidir. Bu eşyaların her zaman için maliki tarafından sökülerek alınıp götürülebilmesi mümkündür. Ayrıca taşınmaz üzerinde daha önce mevcut bir muhdesata yeni bölümler ilave edilmesi, muhdesatın tamamlanması veya mevcut muhdesatın bakım ve onarımının yaptırılması bağımsız bir muhdesat meydana getirme niteliğinde olmayıp mevcut muhdesatın daha kullanılır hale gelmesini, bir başka deyişle muhdesattan sağlanacak faydanın artmasını sağlayan işler niteliğindedir.

Bu işler için harcanan giderler de muhdesatın değerini arttıran faydalı ve zorunlu giderlerdendir ve 818 sayılı B.K.'nun 61 ve onu izleyen maddeleri (TBK'nun 77 ve devamı maddeleri) hükmüne ve sebepsiz zenginleşme kurallarına göre açılacak eda nitelikli bir alacak davası ile istenebileceği kuşkusuzdur. Kural olarak, öğretide ve yerleşik Yargıtay uygulamasında eda davası açılmasının mümkün olduğu hallerde, tespit davası açılmasında hukuki yararın bulunmadığı kabul edilmiştir.

6100 sayılı HMK'nın 114/h davacının, dava açmakta hukuki yararının bulunmasını dava şartı olarak kabul etmiştir. 115. maddede ise "Mahkeme dava şartı noksanlığını tespit ederse davanın usulden reddine karar verir. " şeklinde düzenlemeye yer verilmiştir.Bu durumda davacının, dava açmakta hukuki yararının bulunmadığı, bu şekilde dava şartının oluşmadığı kanaatine varılmakla davanın usulden reddine karar vermek gerekmiştir.

2-Davacının Fenci Bilirkişiler İbrahim İbiş ve İbrahim Halil Payır tarafından düzenlenen 19.12.2014 tarihli rapor ekinde yer alan krokide A harfi ile gösterilen taşınmaz bölümü üzerine inşaa edilen bir katlı 122,53 m2 oturum alanlı yığma bina (konut) ile, B harfi ile gösterilen taşınmaz bölümü üzerine inşaa edilen bir katlı 110,83 m2 oturum alanlı yarı yığma yarı betonarme binanın aidiyetinin tespine karar verilmesi talebi ile ilgili gerekçe:

Dava konusu taşınmaz hakkında yapılan bir kamulaştırma işlemi veya açılmış bir ortaklığın giderilmesi davası bulunduğu takdirde, davacının; muhdesatın aidiyetinin tespiti davası açmakta hukuki yararının bulunduğu kuşkusuzdur. Bu tür davalarda muhtesatın kaçak yapı olup olmamasının sonuca etkisi bulunmamaktadır.

e-imza e-imza 2/3

UYAP Bilişim Sisteminde yer alan bu dokümana http://vatandas.uyap.gov.tr adresinden EV788Rn - anX7X3T - IPWxbuA - I7StG0= kodu ile erişebilirsiniz.

Şekil 6.1.7. Mahkeme Kararı

T.C. GAZİANTEP 6. ASLİYE HUKUK MAHKEMESİ Esas-Karar No: 2014/811 Esas - 2015/859

Bu durumda, yapılan yargılamaya, toplanan delillere, beyanlarına itibar edilen davacı tanık anlatımlarına, yukarıda açıklanan maddi ve hukuki olgulara, dosya kapsamına uygun ve denetime elverişli bulunan bilirkişi raporlarına ve tüm dosya kapsamına göre; Fenci Bilirkişiler İbrahim İbiş ve İbrahim Halil Payır tarafından düzenlenen 19.12.2014 tarihli rapor ekinde yer alan krokide A harfi ile gösterilen taşınmaz bölümü üzerine inşaa edilen bir katlı 122,53 m2 oturum alanlı yığma bina (konut) ile, B harfi ile gösterilen taşınmaz bölümü üzerine inşaa edilen bir katlı 110,83 m2 oturum alanlı yarı yığma yarı betonarme binanın davacı tarafça meydana getirildiği kanaatine varılmakla davanın kabulüne ilişkin aşağıdaki hüküm kurulmuştur.

HÜKÜM: Yukarıda açıklanan gerekçelerle;

A-1-Davacının Fenci Bilirkişiler İbrahim İbiş ve İbrahim Halil Payır tarafından düzenlenen 19.12.2014 tarihli rapor ekinde yer alan krokide A harfi ile gösterilen taşınmaz bölümü üzerine inşaa edilen ocaklık ve kümes'in aidiyetinin tespine karar verilmesi talebinin USULDEN REDDİNE,

B-1-Fenci Bilirkişiler İbrahim İbiş ve İbrahim Halil Payır tarafından düzenlenen 19.12.2014 tarihli rapor ekinde yer alan krokide A harfi ile gösterilen taşınmaz bölümü üzerindeki bir katlı 122,53 m2 oturum alanlı yığma bina (konut) ile, B harfi ile gösterilen taşınmaz bölümü üzerindeki bir katlı 110,83 m2 oturum alanlı yarı yığma yarı betonarme binanın davacı tarafından inşaa edildiği, bu şekilde bahse konu MUHTESATLARIN DAVACI TARAFINDAN MEYDANA GETİRILDİĞİNIN TESPİTİNE,

2-Karara Fenci Bilirkişiler İbrahim İbiş ve İbrahim Halil Payır tarafından düzenlenen 19.12.2014 tarihli rapor ve ekinde yer alan kroki suretinin eklenmesine,

3-davacılar kanuni hasım olduğundan kabule göre alınması gerekli 4.288-TL nisbi karar ve ilam harcından peşin alınan 1.108,23-TL harcın mahsubu ile eksik kalan 3.180,24-TL harcın davacıdan tahsiline,

4-Davalılar kanuni hasım olduğundan davacı lehine vekalet ücreti takdirine yer olmadığına, yapılan masrafların davacı üzerinde bırakılmasına,

5-Redde göre davalı hazine ve Büyükşehir Belediyesi kendini vekille temsil ettirdiğinden Avukatlık Asgari Ücret Tarifesi uyarınca takdir ve tespit edilen 1.500-TL maktu vekalet ücretinin davacıdan alınarak davalılara ödenmesine,

6-Davalılar masraf yapmadığından bu konuda karar verilmesine yer olmadığına,

7-Artan avansın karar kesinleştiğinde ve gönderme masrafı düştükten sonra re'sen davacıya ödenmesine veya gönderilmesine,

Dair, gerekçeli kararın taraflara/vekillerine tebliğinden itibaren Yargıtay ilgili Hukuk Dairesi Başkanlığı'na sunulmak üzere, (15) gün içerisinde mahkememize verilecek temyiz dilekçesi ile Yargıtay yolu açık olarak taraf vekillerinin yüzüne karşı, verilen karar açıkça okunup usulen anlatıldı. 16/10/2015

Katip 155031
e-imza

Hakim 34006
e-imza

13 08 20

UYAP Bilişim Sisteminde yer alan bu dokümana http://vatandas.uyap.gov.tr adresinden EV788Rn - anX7X3T - IPWxbuA - I7StG0= kodu ile erişebilirsiniz.

Şekil 6.1.8. Mahkeme Kararı

T.C.
GAZİANTEP
6. ASLİYE HUKUK MAHKEMESİ
Esas No: 2014/811 Esas
Karar No: 2015/859

- KESİNLEŞME ŞERHİ -

Mahkememizden verilen işbu 16/10/2015 tarihli hüküm, taraflara tebliğine müteakip davalı Hazine vekilince temyiz edilmiş olup, Yargıtay 8. Hukuk Dairesi Başkanlığının 16/01/2020 tarih 2016/11597 Esas 2020/263 Karar sayılı ONAMA kararı, davacı Hamit AKDEN vekiline 23/02/2020 tarihinde, davalı Hazine vekiline 02/03/2020 tarihinde, davalı Kaşyolu Köyü Tüzel Kişiliğine 09/03/2020 tarihinde, dahili davalı Büyükşehir Belediye Başkanlığı vekiline 03/03/2020 tarihinde, dahili davalı Oğuzeli Belediye Başkanlığı vekiline 02/03/2020 tarihinde tebliğ olunmuş, Taraflarca Karar Düzeltme Yoluna gidilmemiş olup, Covid 19 olarak adlandırılan bulaşıcı salgın hastalık nedeniyle 7226 sayılı kanunla hukuki sürelerin durdurulduğu, istinaf süresinin son gününün bu döneme denk gelmesi nedeniyle Yargıtay 8. Hukuk Dairesi'nin 16/01/2020 tarihli Onama Kararı ile hükmün, 30/06/2020 tarihinde kesinleştiği tasdik olunur. 02/07/2020

Yazı İşleri Müdürü
128432
e-imza

Hakim 174651
e-imza

13 08 20

Bu belge DYS üzerinden 5070 sayılı Yasa hükümlerine göre elektronik olarak imzalanmıştır.

UYAP Bilişim Sisteminde yer alan bu dokümana http://vatandas.uyap.gov.tr adresinden tWFjGs9 - 3iC5RTV - EbCTLUV - KxNc8Y= kodu ile erişebilirsiniz.

Şekil 6.1.9. Kesinleşme Şerhi

T.C.
YARGITAY
8. Hukuk Dairesi

ESAS NO : 2016/11597
KARAR NO : 2020/263

TÜRK MİLLETİ ADINA
YARGITAY İLAMI

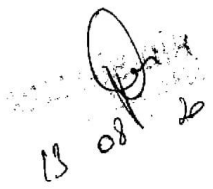
İNCELENEN KARARIN
MAHKEMESİ : Gaziantep 6. Asliye Hukuk Mahkemesi
TARİHİ : 16/10/2015
NUMARASI : 2014/811-2015/859
DAVACI : Hamit Akden
DAVALI : Maliye Hazinesi vs.
DAVA TÜRÜ : Muhdesatın Tespiti

Taraflar arasında görülen ve yukarıda açıklanan davada yapılan yargılama sonunda Mahkemece, davanın kısmen kabulüne karar verilmiş olup hükmün davalı Hazine vekili tarafından temyiz edilmesi üzerine, Dairece dosya incelendi, gereği düşünüldü.

KARAR

Dosya muhtevasına, dava evrakı ile yargılama tutanakları münderecatına, mevcut deliller mahkemece takdir edilerek karar verildiğine ve takdirde bir isabetsizlik bulunmadığına göre yerinde olmayan temyiz itirazlarının reddi ile usul ve kanuna uygun olan hükmün **ONANMASINA**, taraflarca HUMK'un 440/I maddesi gereğince Yargıtay Daire ilamının tebliğinden itibaren ilama karşı 15 gün içinde karar düzeltme isteğinde bulunulabileceğine ve 2588 sayılı Kanunla eklenen 492 sayılı Harçlar Kanununun 13/j maddesi uyarınca Hazine'den harç alınmasına mahal olmadığına, 16.01.2020 tarihinde oy birliğiyle karar verildi.

Başkan	Üye	Üye	Üye	Üye
F. AKÇİN	E. SARICALAR	F. EROĞLU	M. K. ÇETİN	N. MERAL



NE
Karşılaştırıldı

Bu belge 5070 sayılı Yasa hükümlerine göre elektronik olarak imzalanmıştır.

Şekil 6.1.10. Yargıtay İlamı

Kamulaştırma İşlemleri Devam Ederken veya Tamamlandıktan Sonra Projenin Revize Olması Durumunda Kamulaştırmada Yaşanılan Sorunlar

Güzergahta yapılan değişiklik ile yeni güzergaha göre kamulaştırma işlemleri devam eder, eski güzergahta kamulaştırma işleminin aşamasına göre aşağıdaki işlemler uygulanır;

1. Kamulaştırma kanunu 21. Maddesi hükümlerine göre İdare kamulaştırmanın her safhasında kamulaştırmadan vazgeçme kararı alarak kamulaştırma işleminden vazgeçebilir.

2. Kamulaştırma işlemi tamamlandıktan mülkiyet İdareye geçtikten sonra taşınmaza ihtiyaç kalmaması durumunda kamulaştırma kanunu 22. Maddesi hükümleri gereğince kamulaştırmanın kesinleşmesinin üzerinden 5 yıl geçmemiş olmamış şartıyla eski sahibine bildirim yapılarak ödenen kamulaştırma bedelinin faiziyle birlikte İdare ödenmesi durumunda taşınmaz eski sahibine devredilir. Eski malik taşınmazı almak istememesi durumunda taşınmaz 2018/8 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi kapsamında 2886 sayılı yasa hükümleri gereğince açık teklif usulü ile satılabilir.

Taşınmaz Sahibinin Projenin Uygulanmasını İstememesi Durumunda Karşılaşılan Sorunlar

Bakanlık tarafından onaylanan kamu yararı kararı alınmış projelerde hak sahibinin böyle bir hakkı bulunmamaktadır. Hak sahibinin sadece kamulaştırma bedeline itiraz hakkı bulunmaktadır. Kamulaştırma bedelinin kabul edilmemesi durumunda kamulaştırma kanunu 10. Maddesine göre ilgili Asliye Hukuk Mahkemesine "Bedel Tespiti ve Tescil" davası açılmaktadır.

Fakat uygulama projesinin korunması gereken alanlarında zeytin ağacı vb. bulunması durumunda hak sahibinin İdare Mahkemesine yürütmeyi durdurma kararı alınmasıyla projenin durdurulmasına karar verilebilmektedir.

Kısmi Kamulaştırmalarda Yaşanılan Sorunlar

Kısmi kamulaştırmalarda kamulaştırmadan arta kalan kısım kullanıma elverişli değil ise; Mal sahibinin en geç kamulaştırma kararının tebliğinden itibaren otuz gün içinde yazılı başvurusu üzerine, bu kısmın da kamulaştırılması yapılır. (2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu 12. madde)

T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 20. Bölge Müdürlüğü

Sayı : 12377068-020-**688949** 25.10.2019
Konu : Olurlar, Onaylar

BÖLGE MÜDÜRLÜK MAKAMINA

KİLİS YUKARI AFRİN BARAJI PROJESİ İÇME SUYU İSALE HATTI için TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI 'nın 30.05.2014 tarih ve 315014 sayılı onayı ile kamu yararı kararı alınmış bulunmaktadır.

Anılan Proje kapsamında 10.07.2019 tarih ve 438337 sayılı olur ile kamulaştırma kararı alınmış, kararın ekinde yer alan parsellerin kamulaştırma işlemleri tamamlanmıştır. Ancak kamulaştırılan parsellerden Kilis İli Merkez ilçesi Beşenli Köyü 109 Ada 69 No'lu parsel (Dsi No:103-A) 1100.54 m^2 ve 109 Ada 72 No'lu parsel (Dsi No:104-A) 234.30 m^2 yüz ölçümlü taşınmazın sahibi kamulaştırmadan arta kalan kısmını ekonomik olarak kullanılamayacağını beyan ederek bu kısımların kamulaştırılmasını talep etmiştir.

Yapılan inceleme neticesinde bahse konu parselin arta kalan kısmının kamulaştırılmasının uygun olacağına karar verilmiştir. Yukarıda ada ve parsel numaraları belirtilen taşınmazlar için **Kamulaştırma Kararı** verilmesini;

OLUR'larınıza arz ederim.

Durmuş ÜSTDAĞ
Şube Müdürü

Uygun Görüşle Arz Ederim.
25.10.2019

Osman ÇİÇEKDAĞ
Bölge Müdür Yardımcısı

OLUR
25.10.2019

Sadullah SEVEN
Bölge Müdürü

Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Orjinal elektronik belge adresi: 'https://evrakdogrula.dsi.gov.tr' Doğrulama Kodu: KJEX-YR13-DV94-7483

Şekil 6.2. Kısmi kamulaştırma kararı

Birbirine Yakın Arazilerdeki Değer Farklarının Hak Sahiplerinin Kabul Etmemesi Durumunda Karşılaşılan Sorunlar

Aynı ilçe aynı mahalle sınırları içerisinde de olsa imara açılmış alanlar arsa olarak değerlendirilirken imara girmemiş alanlar tarla olarak değerlendirilir. Arsa ve tarla vasıflı arazilerin kamulaştırma bedelleri arasında çok yüksek farklar bulunmaktadır. İdare olarak tarla vasıflı bir arazinin arsa fiyatı üzerinde kamulaştırılması mümkün değildir. Yakın bölgede imara açılmış araziler varsa tarla vasıflı arazilerin kamulaştırma bedellerinin hesaplanmasında değer arttırıcı unsur olarak kullanılabilir. Birbirine yakın olan taşınmazlar kamulaştırılırken imarlı olan taşınmaza belirlenen kıymet takdir bedeli ile tarla vasfında olan taşınmazın kıymet takdir bedelleri arasındaki farkın çok fazla olması sebebi ile tarla vasfı olan taşınmaz sahibi ile uzlaşma sağlanması yönünde sorunlar yaşanmaktadır. Kamulaştırma bedellerini kabul etmedikleri takdirde kamulaştırma kanununun 10. Maddesine göre ilgili Asliye Hukuk Mahkemesine "Bedel Tespiti ve Tescil" davası açılmaktadır.

Kamu Yararı Kararının İlanından Sonra Arazide Yapılan Sabit Tesisler ve Ağaçların Değerlendirilmemesi Sonucunda Karşılaşılan Sorunlar

Özellikle büyük baraj projelerinde kamulaştırma işlemleri uzun yıllar sürebilmektedir. Kamulaştırma kapsamına giren taşınmazların arazi tespitleri sırasında taşınmaz sahipleri kamulaştırma sahasına sabit tesis yaparak veya başka yerlerden ağaç getirip dikerek kamulaştırılmasını talep etmektedir. Kamulaştırma Kanunu'nun 25. Maddesine göre projenin kamu yararı kararının ilanından sonra 5 yıl süre ile kamulaştırılacak taşınmazların üzerinde yapılacak her türlü sabit tesis ve dikilen ağaçlar kamulaştırma bedelinin tespitinde dikkate alınmaz. Bu yüzden kamulaştırma tespitleri yapıldıktan sonra taşınmazları üzerine sabit tesis ve ağaç yapan kişilerin arsa bedeli üzerinden anlaşmaya çalışılsa da taşınmaz sahibi taşınmazının üzerindeki sabit tesis ve ağaçların bedelinin ödenmediği için uzlaşmaya yanaşmamaktadırlar.

Tapu Hak Sahibinin Vefat Etmesi Durumunda Kamulaştırma Sürecinde Ortaya Çıkan Sorunlar

Kamulaştırma işlemleri yapılırken İdaremiz muhatap olduğu kişi tapu hak sahibi veya tapu hak sahibinin vekalet verdiği kişidir. Tapu hak sahibinin vefat etmesi durumunda varisleri mahkemeden veya noterden alacakları veraset ilamı ile ilgili tapu müdürlüğüne giderek intikal yaptırması gerekmektedir. Bu durumda anlaşma sağlanamayan kişiler intikal işlemlerini yaptırmadığından süreç, kamulaştırma kanununun 10. Maddesine göre ilgili Asliye Hukuk Mahkemesine "Bedel Tespiti ve Tescil" davası açılmaktadır. Taşınmaz sahipleri ile anlaşma sağlansa da intikal işlemlerini yaptırdıktan sonra uzlaşma tutanağı imzalanmaktadır. Dolayısıyla her iki işlemde de projenin uygulanması gecikecektir.

2b Tarım Arazilerinin Taksitli Satışı Yapıldıktan Sonra Yapılacak Kamulaştırma İşlemlerinde Ortaya Çıkan Sorunlar

2b tarım arazisini taksitli alan kişinin kullanımı için ilgili Tapu Müdürlüğüne gerekli bilgilendirme yapılır. Tapu kaydında "arsayı taksitli alan kişinin kullanımındadır" şerhi bulunmaktadır. Taksit ödemeleri bitmeden söz konusu taşınmaz için kamulaştırma kararı alınması durumunda, taşınmaz sahibi Maliye Hazinesi olduğundan dolayı kamulaştırma işlemleri için Milli Emlak Genel Müdürlüğü ile gerekli yazışmalar yapılır. Milli Emlak Genel Müdürlüğü' nün cevap yazısında; taşınmazı taksitli alan kişinin ödediği taksitleri yasal faizi ile birlikte ödendiği takdirde kamulaştırmayı yapan kuruma devredileceği bilgisi verilmiştir.

T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI
MİLLİ EMLAK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Proje Dairesi Başkanlığı

Sayı :22387626-756.99-E.248586 24.10.2019
Konu :Adıyaman, DSİ, 2/B İşlemleri-
Kamulaştırma-Şerh Terkini

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : a) Adıyaman Valiliğinin (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü) 30.01.2018 tarihli ve 22790383-310.80.02-[470/1]-752 sayılı yazısı.
b) Adıyaman Valiliğinin (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü) 05.02.2018 tarihli ve 846 sayılı yazısı.
c) 17.05.2018 tarihli ve 15839 sayılı yazımız.
ç) Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün 04/06/2018 tarihli ve 399479 sayılı yazısı.
d) Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün 18.06.2018 tarihli ve 431811 sayılı yazısı.
e) 06.07.2018 tarihli ve 21440 sayılı yazımız.
f) Adıyaman Valiliğinin (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü) 29.11.2018 tarihli ve 8696473.1 sayılı yazısı.
g) Adıyaman Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (Milli Emlak Müdürlüğü)'nün 30.05.2019 tarihli ve 22790383-756.99[473.41]-E.6926 sayılı yazısı.

Adıyaman Valiliğinden (Defterdarlık) alınan ilgi (b) yazıda; İlleri, Merkez İlçe, Çamyurdu, Şerefli ve Yaylakonak Köylerinde bulunan mülkiyeti Hazineye ait 21 adet taşınmazın Gömükan Barajı iş alanı kapsamında Devlet Su İşleri 20 nci Bölge Müdürlüğü tarafından İdareleri adına tahsisinin talep edildiği, ancak, tahsisi talep edilen taşınmazların 7 adedinin 6292 sayılı Kanunun 6 ıncı maddesi kapsamında kullanıcılarına satıldığı, bu taşınmazlardan 6 adedinin hak sahipleri adına tescil işlemlerinin yapıldığı, 127 ada, 145 parselin ise taksitlerinin devam ettiğinden bahisle 14 adet taşınmazın tahsis talebine ilişkin bilgi ve belgelerin gönderildiği bildirilmiştir.

Cevaben yazılan ilgi (e) yazımızda; Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün ilgi (ç) sayılı yazısında; söz konusu taşınmazların "Gömükan Barajı" rezervuar alanında kaldığı ve İdareleri adına elde edilmesinin yasal zorunluluk olduğunun bildirildiği belirtilerek bu nedenle Gömükan Barajı projesi bütünlüğü açısından gerekli olduğu bildirilen 7 adet taşınmazın 6292 sayılı Kanunun 6 ncı maddesinin onikinci fıkrasına göre satış kapsamından çıkarılması gerektiği değerlendirildiğinden, satış gerçekleştirilen/devam eden (taksit ödemeleri devam eden dahil) 7 adet taşınmaz hakkında 6292 sayılı Kanunun 11 inci maddesinin dördüncü fıkrasına göre işlem yapılması istenmiştir.

Bu kez ilgi (a) yazıda; İlleri, Merkez İlçe, Çamyurdu Köyünde 6831 sayılı Kanunun 2/B maddesi ve 3402 sayılı Kadastro Kanunun Ek 4 üncü maddesi gereği kadastro çalışmalarının

Not: 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu gereği bu belge elektronik imza ile imzalanmıştır.

Bilgi için:Nilgün KOCAK
Çevre ve Şehircilik Uzmanı,

1/5

Şekil 6.3.1. Milli Emlak Genel Müdürlüğünün görüş yazısı

T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI
MİLLİ EMLAK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Proje Dairesi Başkanlığı

Sayı :22387626-756.99-E.248586 24.10.2019
Konu :Adıyaman, DSİ, 2/B İşlemleri-
Kamulaştırma-Şerh Terkini

yapıldığı ve hak sahipliğinin kesinleşenlere ait listelerin hazırlanıp İdarelerine gönderildiği, listede isimleri yazılı hak sahiplerinin peyder pey müracaatta bulunarak hak sahibi oldukları taşınmazların satışı talep ettikleri ve İdarelerince de satışlarının yapıldığı, Kahramanmaraş DSİ 20. Bölge Müdürlüğünden alınan 01.06.2017 tarih ve 370932 sayılı yazıda: Bölge Müdürlükleri sınırları içerisinde bulunan Adıyaman Gömükan Baraj işi kapsamında mülkiyeti Hazineye ait Adıyaman İli, Merkez Çamyurdu, Şerefli ve Yaylakonak Köylerinde bulunan ve yazıları eki listede belirtilen parsellerin bir kısmının göl alanına isabet ettiği belirtilerek bahse konu parsellerin Adıyaman Gömükan Barajı işi kapsamında İdareleri adına tahsislerinin yapılmasının istenildiği,Taşınmazların dosyalarının incelenmesi sonucu; bahsi geçen parsellerin bir kısmının talepten önce hak sahiplerine satışının yapıldığı, bir kısmının taksitli satışı yapılıp taksit ödemelerinin devam ettiği ve bunlardan bazılarının ifraz edilerek bölündüğü, bir kısmının ise talep olmadığı için satışlarının yapılmadığı, bir kısmının ise bedelleri tahsil edilmiş olup tescil için tapu müdürlüğüne gönderileceği tespit edildiği belirtilerek çeşitli konuya ilişkin Bakanlığımız görüşü istenilmiştir.

İlgi (c) yazımız ile; konuya ilişkin Orman ve Su İşleri Bakanlığından (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü) görüş sorulmuştur.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünden cevaben alınan ilgi (d) yazıda;6292 sayılı Kanunun 6 ncı maddesinin 12 nci fıkrasında *"Bu maddeye göre hak sahiplerine doğrudan satılması gereken taşınmazlardan ağaçlandırılmak üzere Orman Genel Müdürlüğüne tahsis edilen, kamu hizmetlerine ayrılan veya bu amaçla kullanılan ya da Maliye Bakanlığınca belirlenen taşınmazlar ile ilgili idarelerce bu Kanunun yürürlüğe girdiği tarihten itibaren en geç üç ay içerisinde idareye bildirilmesi şartıyla özel kanunlar gereğince değerlendirilmesi gerekenler ile içme ve kullanma suyu havzalarında maksimum su seviyesinden itibaren üç yüz metrelik bant içerisinde kalan yerler hak sahiplerine satılmaz. Bu taşınmazların yerine istenilmesi hâlinde hak sahiplerine, hak sahibi oldukları taşınmazın rayiç değerine eşdeğer öncelikle aynı il sınırları içerisinde bulunan 2/B alanlarındaki taşınmaz, bu maddenin dördüncü fıkrasına göre hesaplanacak satış bedeli karşılığında doğrudan satılabilir."* hükmünün yer aldığı,

Anılan Kanunun 7 nci maddesinin 4 üncü fıkrasında; *Bu maddeye göre ilgililerine iade edilmesi gereken taşınmazlardan orman olduğu iddiasıyla Orman Genel Müdürlüğünce açılan davalar sonucunda orman niteliğiyle Hazine adına tescil edilen, fiilen orman niteliğinde olan veya bu nedenle dava açılması gereken, ağaçlandırılmak üzere Orman Genel Müdürlüğüne tahsis edilen, kamu hizmetlerine ayrılan veya bu amaçla kullanılan, özel kanunlar gereğince değerlendirilmesi gereken veya Maliye Bakanlığınca belirlenen taşınmazlar ilgililerine iade edilmez. Bu taşınmazların yerine, idarece belirlenen ve ilgililerince itiraz ve dava konusu*

Not: 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu gereği bu belge elektronik imza ile imzalanmıştır.

Bilgi için:Nilgün KOCAK
Çevre ve Şehircilik Uzmanı,

2/5

Şekil 6.3.2. Milli Emlak Genel Müdürlüğünün görüş yazısı

T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI
MİLLİ EMLAK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Proje Dairesi Başkanlığı

Sayı :22387626-756.99-E.248586 24.10.2019
Konu :Adıyaman, DSİ, 2/B İşlemleri-
Kamulaştırma-Şerh Terkini

edilmeksizin kabul edilen rayiç bedelleri ödenebilir veya rayiç bedellerine uygun taşınmazlar verilebilir." hükmünün yer aldığı,

Belirtilerek, 6292 sayılı Kanunun yukarıda açıklanan maddeleri doğrultusunda; Hazine adına tescili gerçekleşip hak sahiplerine satışı yapılmayan taşınmazların İdareleri adına tahsisinin sağlanması, satış işlemi gerçekleştirilerek hak sahipleri adına tescili sağlanan veya satış işlemi gerçekleştirilmesine rağmen taksit ödemeleri devam eden taşınmazlara karşılık Kanunun 6 ncı maddesinin 12 nci fıkrasında belirtildiği üzere hak sahibi olunan taşınmazların rayiç değerine eşdeğer öncelikle aynı il sınırları içerisinde bulunan 2/B alanlarındaki başka taşınmazların verilmesi, bunun mümkün olmaması durumunda ise Kanunun 11 inci maddesinin 4 üncü fıkrası doğrultusunda satış işlemlerinin iptal edilerek satış bedellerinin kanuni faiziyle birlikte iade edilip edilmeyeceğinin Genel Müdürlüğümüzce değerlendirilmesi istenilmiştir.

Adıyaman Valiğinden (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü) alınan ilgi (f) ve (g) yazılarda; ilgi (e) yazımız gereğince anılan Kanun kapsamında kendilerine satışı yapılan taşınmazların tebliğ tarihinden itibaren 15 gün içerisinde tahsil edilen satış bedelini faizi ile birlikte geri ödenmek üzere tapuda Hazine adına tescil edilmesi için ferağ verilmesi alıcılarından istenildiği, ancak konu ile ilgili şahıslarca belirtilen süre içerisinde herhangi bir müracaat olmadığından söz konusu taşınmazların "Gömükan Barajı" rezervuar alanında kalmalarından dolayı DSİ Genel Müdürlüğüne tahsis edilmek üzere tekrar Hazine adına tescil edilmesi için Tapu İptali ve Tescil davalarının açılmasının 03.10.2018 tarihli ve 5981 sayılı yazıları ile Adıyaman Defterdarlığından (Muhakemat Müdürlüğü) istenildiği,

Adıyaman Defterdarlığı Muhakemat Müdürlüğünün 26.11.2018 tarihli ve 6556 sayılı yazısı ekinde alınan Başhukuk Müşavirliği ve Muhakemat Genel Müdürlüğünün 13.11.2018 tarihli ve 24602 sayılı yazısında; dosyasında bulunan belgelere göre taşınmazın 6292 sayılı Kanunun 11 inci maddesinin 4 üncü fıkrası kapsamında değerlendirilmesini sağlayacak bir dayanak bulunmadığı, tapu iptal ve tescil davası açılması durumunda dosyadaki belgelere göre kazanılma ihtimalinin düşük olduğu, 6292 sayılı Kanun kapsamında hak sahibi olarak belirlenenlere satılmak ve tapu senedi verilmek suretiyle mülkiyet hakkı verildiğinden 4721 sayılı Kanunun 1007 nci maddesine göre tazminat ödenmesi gerekebileceği dikkate alındığında kamulaştırmayı yapan idare tarafından taşınmazın kamulaştırılmasının hukuka uygun olacağının değerlendirildiğinin belirtildiği,

Ayrıca; 6292 sayılı Kanunun 6 ıncı maddesi kapsamında kullanıcısına satılan ancak ödemeleri devam eden 127 ada 145 parsel no.lu taşınmazın alıcısı Salih FENER'e yazılan ve 11.09.2018 tarihinde tebliğ edilen 08.08.2018 tarihli yazımız ile anılan mevzuat uyarınca bugüne

Not: 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu gereği bu belge elektronik imza ile imzalanmıştır.

Bilgi için:Nilgün KOCAK
Çevre ve Şehircilik Uzmanı,

3/5

Şekil 6.3.3. Milli Emlak Genel Müdürlüğünün görüş yazısı

T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI
MİLLİ EMLAK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Proje Dairesi Başkanlığı

Sayı :22387626-756.99-E.248586 24.10.2019
Konu :Adıyaman, DSİ, 2/B İşlemleri-
Kamulaştırma-Şerh Terkini

kadar ödemiş olduğu bedellerin iade edilmesi için İdarelerine müracaat etmesi gerektiği bildirilmiş ise de ödemiş olduğu bedellerin iadesini istemediğini, taşınmazın tapusunun kendisine verilmesi yönünde şifahi beyan da bulunduğu

6292 Kanunu kapsamında kalan 2/B taşınmazlarının İdarelerince hak sahiplerine doğrudan satılmakta olduğu, bu taşınmazlardan tamamen ve münhasıran bilfiil tarımsal amaçlı olarak kullanılan taşınmazlar ve üzerinde tarımsal amaçlı yapılar ile sürekli ikamet edilen konut bulunanlar rayiç bedelin yüzde ellisi bedel üzerinden satılmakta ve tapu devir aşamasında tapu kütüklerine "Tamamen ve münhasıran bilfiil tarımsal amaçlı olarak kullanılması ve üzerinde tarımsal amaçlı yapılar ile sürekli ikamet edilen konut bulunması nedeniyle rayiç bedelin yüzde ellisi üzerinden satılan iş bu taşınmazın sonradan farklı amaçla kullanılması halinde, taşınmazın satış tarihi itibariyle rayiç bedelinin yüzde yetmişi üzerinden hesaplanacak bedel esas alınarak aradaki fark kanuni faiziyle birlikte, 2886 sayılı Devlet İhale Kanununun 75 inci maddesi uyarınca ve 21/7/1953 tarihli ve 6183 sayılı Amme Alacaklarının Tahsil Usulü Hakkında Kanun hükümleri gereğince ecrimisilin tarh, tahakkuk ve tahsiline ilişkin usullere göre son kayıt malikinden tahsil edilir." hükmünün yer aldığı,

DSİ 20. Bölge Müdürlüğünden alınan 24/12/2018 tarihli ve 884732 sayılı yazı ve eki listede kamulaştırma alanında kalan 2/B taşınmazlarının listesi gönderildiği, tapuda ferağ verilenlerin üzerinde bulunan söz konusu şerhlerin kaldırılması ile ilgili olarak yapılacak işlemin bildirilmesi ile konu hakkındaki görüşümüzün bildirilmesi istenilmiştir.

Bu konuda Bakanlığımız Hukuk Hizmetleri Genel Müdürlüğünden görüş istenilmiş olup, cevaben alınan ve bir örneği ekte gönderilen 24.09.2019 tarihli ve 216735 sayılı yazıda;
"Söz konusu taşınmazların tapu kayıtlarına konulan şerhteki koşulların maliklerce ihlal edilmesi söz konusu olmadığından aradaki farkın talep edilemeyeceği, DSİ'nin talebi üzerine şerhin kaldırılmasının uygun olacağı, taksitleri devam eden taşınmaz için ise mülkiyet halen Hazinede olduğundan 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu hükümlerine göre işlem yapılması gerektiği, ancak ilgiliden tahsil edilen meblağın mevzuat hükümlerine uygun olarak hak sahibine iade edilmesi gerektiğinin düşünüldüğü" bildirilmiştir.

Buna göre; konu hakkında Hazine ve Maliye Bakanlığı Başhukuk Müşavirliği ve Muhakemat Genel Müdürlüğünün 13.11.2018 tarihli ve 24602 sayılı görüş yazısı dikkate alındığında, söz konusu taşınmazlardan satılarak ferağı yapılanların geri alınmasının mümkün olmadığı, Bakanlığımız Hukuk Hizmetleri Genel Müdürlüğünün görüşü doğrultusunda tapu kayıtlarındaki şerhin koşullarının maliklerince ihlal edilmesi söz konusu olmadığından aradaki farkın talep edilmemesi,

6292 sayılı Kanunun 6 ıncı maddesi kapsamında kullanıcısına satılan ancak ödemeleri devam eden 127 ada 145 parsel no.lu taşınmazın ise 6292 sayılı Kanunun 6/12 maddesine göre

Not: 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu gereği bu belge elektronik imza ile imzalanmıştır.

Bilgi için:Nilgün KOCAK
Çevre ve Şehircilik Uzmanı,

4/5

Şekil 6.3.4. Milli Emlak Genel Müdürlüğünün görüş yazısı

T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI
MİLLİ EMLAK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Proje Dairesi Başkanlığı

Sayı :22387626-756.99-E.248586 24.10.2019
Konu :Adıyaman, DSİ, 2/B İşlemleri-
Kamulaştırma-Şerh Terkini

işlem yapılmak üzere satış işleminin iptal edilmesi ve tahsil edilen meblağın ilgilisine iade edilmesi,

Söz konusu taşınmazlardan satılarak ferağı verilenlerin DSİ Genel Müdürlüğünce kamulaştırılması veya Hazine mülkiyetinde olanın tahsis edilmesi halinde tapu kaydında bulunan bedele ilişkin şerhlerin terkin edilmesi,

Gerektiği değerlendirilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Fatma VARANK
Bakan a.
Bakan Yardımcısı

Dağıtım:

Gereği:
ADIYAMAN VALİLİĞİNE
(Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü)

Bilgi:
DEVLET SU İŞLERİ GENEL
MÜDÜRLÜĞÜNE

Not: 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu gereği bu belge elektronik imza ile imzalanmıştır.

Bilgi için:Nilgün KOCAK
Çevre ve Şehircilik Uzmanı,

5/5

Şekil 6.3.5. Milli Emlak Genel Müdürlüğünün görüş yazısı

SONUÇ ve ÖNERLİLER

7.1. Sonuçlar

Kamu kurumlarının birbirinden bağımsız bir şekilde yürüttükleri faaliyetler sebebi ile kurumların yapmak istedikleri projelerde değişiklikler yapmak zorunda kalması nedeniyle iş gücü, zaman ve bedel kaybına sebebiyet vermiştir.

Mülkiyet sahipleri taşınmazlarının satışını alıcı ile kendi aralarında ya da noter aracılığıyla düzenlenen senetlerle yapması alıcının mülkiyeti edinim hakkını doğurmaz. İlgili Tapu Müdürlüğüne gitmeden kendi aralarında senetle (muhtar senedi, noter senedi, adi senet vb.) yaptıkları satış tapuya tescil edilmediği sürece yapılan işlem geçersizdir.

Hisseli taşınmazlarda mülkiyet sahiplerinin ifraz işlemini resmi bir şekilde yaptırıp ilgili Tapu Müdürlüğüne tescil ettirmediği sürece, bütün hissedarlar taşınmaz üzerindeki her yere hisseleri oranında ortaktır. Hissedarların kendi aralarında yaptıkları bölümlemeler resmi olarak geçersizdir.

Taşınmazların satış işlemi ilgili Tapu Müdürlüğünde yapılırken, tapu memuru tarafından tapu kütüğündeki tescil işleminde eski taşınmaz malikinin hissesini iptal edip yeni taşınmaz malikinin hissesini yanlış yazmış olmasından dolayı fazladan iş ve işlemlere sebebiyet vermiş ve hisse hatasının düzeltme işlemleri yapılmıştır.

Taşınmaz üzerindeki takyidatlardan dolayı taşınmaz sahibi ile anlaşılmış olsa dahi kamulaştırma işlemi gerçekleştirilememiş ve 2942 sayılı kamulaştırma kanununun 10.maddesine göre "Bedel Tespiti ve Tescil" davası açılaraktan kamulaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sebepten dolayı projenin uygulanması zaman almıştır.

Taşınmaz satın alınırken, taşınmazı satan kişinin (Emlakçı vs.) arazide gösterdiği yer ile taşınmaza ait tapu bilgilerinden yararlanarak, taşınmazın mevcut konumu arazide aplike edilerek doğruluğu kontrol edilmediğinden, arazide gösterilen yer dışında farklı bir taşınmazın satışı yapılmıştır.

Kamulaştırma işlemi yapılacak taşınmazın tespiti eksik yapıldığından dolayı taşınmaz kıymet takdiri yanlış yapılmış ve yanlışlık fark edilince gerekli tespitler tekrar yapılarak düzeltme işlemleri yapılmıştır.

7.2. Öneriler

Kamu kurumları bir bölgede yapacakları projelere başlamadan önce gerekli bütün kurumlarla yazışmalarını tamamladıktan sonra projelerinin hayata geçirilmesi için faaliyetlerine başlamaları gerekmektedir.

Senetle yapılan satışların önlene bilmesi için gerekli bütün yasal düzenlemeler yapılarak caydırıcı yaptırımlar uygulanmalıdır. Taşınmazın satışı ilgili Tapu Müdürlüğünde yapılacağından, satış işlemine konu olan tapu harcı ve döner sermaye harcı da alınmış olunur.

Taşınmazlar ile ilgili yapılan satışlarda tapu kütüğündeki düzeltmeler elle yapıldığından birtakım hataların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Bu hataların ortadan kaldırılması için gerekli alt yapı sistemleri oluşturularak, tüm verilerin işlenmesi dijital ortamda yapılmalıdır.

Taşınmazın alım-satım işlemi yapılırken konum bilgilerinin doğruluğunun tespiti için gerekli yasal düzenlemeler yapılarak ilgili tapu müdürlüğü, taşınmazın satışının gerçekleşebilmesi için konum bilgilerinin tespitinin yapıldığına dair onaylı bir belge istemelidir.

Kamulaştırma işlemleri yapılırken bir taşınmazın kıymet takdirinde kullanılmak üzere yapılan bütün çalışmalarda gerekli hassasiyet gösterilmelidir. Yapılan işlemler acele edilmeden oto kontrollü bir şekilde yapılmalıdır. Bu sayede gözden kaçan yanlışlıklar düzeltilerek en doğru sonuca ulaşmamızı sağlar.

KAYNAKLAR

Azrak, A. (2011). DEVLETLEŞTİRME, ANAYASA VE 3082 SAYILI KANUN.

Aytaç. (1987). Kamulaştırma ve Uygulamada Karşılaşılan Sorunlar.

Karakuş, E. (2006). Göç olgusu ve eğitime olumsuz etkileri (Sultanbeyli örneği).

Ceylan, Ç. (2005). İstanbul Metropoliten Alanı'nda Kamulaştırma Yoluyla Elde Edilmiş Alanların Kullanım Biçimi: Avcılar İlçesi Örneklemi Fen Bilimleri Enstitüsü].

Çavuşoğlu, E. (2004). Hegemonik bir süreç olarak Türkiye kentleşmesi. Unpublished PhD Thesis, Mimar Sinan Fine Arts University.

Evren, N. (2012). Türkiye'de kamulaştırma çalışmaları için alternatif yaklaşımlar Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].

İŞCAN, F., & VARGELOĞLU, F. (2019). Boru hattı kamulaştırma çalışmalarında karşılaşılan teknik, ekonomik, hukuki sorunlar ve çözüm önerileri. Geomatik, *4*(3), 239-253.

Ulusoy, Y. (2002). İdarenin kamulaştırmasız el atması Pamukkale Üniversitesi].

Ülger, N. E. (2010). Türkiye'de arsa düzenlemeleri ve kentsel dönüşüm. Nobel Yayın Dağıtım.

Ceylan, Ç. (2005). İstanbul Metropoliten Alanı'nda Kamulaştırma Yoluyla Elde Edilmiş Alanların Kullanım Biçimi: Avcılar İlçesi Örneklemi Fen Bilimleri Enstitüsü].

Çavuşoğlu, E. (2004). Hegemonik bir süreç olarak Türkiye kentleşmesi. Unpublished PhD Thesis, Mimar Sinan Fine Arts University.

Evren, N. (2012). Türkiye'de kamulaştırma çalışmaları için alternatif yaklaşımlar Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].

İŞCAN, F., & VARGELOĞLU, F. (2019). Boru hattı kamulaştırma çalışmalarında karşılaşılan teknik, ekonomik, hukuki sorunlar ve çözüm önerileri. *Geomatik*, *4*(3), 239-253.

Ulusoy, Y. (2002). İdarenin kamulaştırmasız el atması Pamukkale Üniversitesi].

Ülger, N. E. (2010). Türkiye'de arsa düzenlemeleri ve kentsel dönüşüm. Nobel Yayın Dağıtım.

URL-1: https://www.emektd.com.tr/tr/kamulastirma

Twitter Kullanıcılarının Siber Suçlara Yönelik Duygularının Veri Madenciliği Aracılığı İle İncelenmesi

Bülent Semih ÇİĞDEMLİ[1]
Mehmet Cabir AKKOYUNLU[2]

1.Giriş

Sanayi toplumundan bilgi toplumuna evrilen bugünün dünyasında bilgiye erişim, bilgiyi yönetmek, bilgiyi işlenebilir hale getirmek ve yorumlamak büyük önem arz etmektedir. Bilginin özünü oluşturan veri, nesnellik ifade eden sistemli şekilde bir araya gelen olgular, eylemler, miktarlar, sembollerden oluşan biçimlendirilmemiş enformasyon kaynaklarıdır (Yeniçeri ve İnce, 2005). Verilerin anlamlı parçalar haline getirilerek işlevselleştirilmesi örgütler için önemli bir rekabet üstünlüğü sağlar. İşletme performansının artıran, işletmeye değer katan, değişimlere uyum sağlamasına yardımcı olarak yaratıcılıklarını geliştiren (Barutçigil, 2002; Bayraktar, 2006) işlevsel veri kaynaklarının analiz edilerek anlamlı hale getirilmesi örgütlerin başarıya ulaşabilmesine katkı sağlayan kritik bir unsurdur.

Bilginin ve bilgiyi işlemenin örgütler için artan önemi nedeniyle bilgi güvenliğinin sağlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Algılamada farklılık yaratarak bilişsel süreçleri etkilemesi nedeniyle bilgi güvenliği; bilginin gizliliği, korunması, depolanması, erişimi ve transferine kadar her aşamada dikkatli bir şekilde yönetilmesi gereken konular arasındadır (Külcü, 2018). Teknolojinin gelişmesi nedeniyle daha fazla bilginin ulaşılabilir ve depolanabilir hale gelmesi, dijital ortamlarda bilgi güvenliği konusunu gündeme getirmiştir. Martin ve Rice (2011) teknolojinin psikolojik zarar, taciz, şiddet gibi kötü amaçlı kullanımının özellikle siber ortamlarda çok daha fazla bilgi güvenliğini tehdit etmeye başladığını ifade etmişlerdir. Bilgileri depolamak, değiştirmek ve iletmek için kullanılan dijital ağlardan oluşan etkileşimli ortamını ifade eden siber alan, insanların günlük hayatlarında sıklıkla kullandığı web tabanlı sosyal medya, cep telefonu uygulamaları, bilgisayar yazılım sistemleri, videolar, bulut ve diğer tüm ağları kapsar (Padallan, 2019: 30).

Siber alan, günlük hayatta örgütlere, bireylere, işletmelere ve devletlere birçok fayda sağlamakla birlikte, birçok güvenlik riskine sahiptir. Bu risklerin en önemlisi siber güvenliğe yönelen ve bir bilgi sisteminin veya bir bilgi sistemi üzerinde saklanan veya bir bilgi sisteminden aktarılan bilgilere yetkisiz erişim, bunların manipüle edilmesi veya bütünlüğünün, kullanılabilirliğinin veya gizliliğinin bozulmasına ve bir bilgi sisteminde depolanan veya bir bilgi sisteminden aktarılan bilgilerin izinsiz olarak dışarı sızmasına neden olabilecek herhangi bir eylem olarak tanımlanan tehditlerdir (Kremling ve Sharp Parker, 2018: 62). Bu yönüyle devletler, siber güvenliğe yönelik küresel bir dayanışma içinde olmuş ve güvenliğe yönelik stratejiler geliştirmeyi hedeflemişlerdir (von Solms ve van Niekerk, 2013).

Bilgisayar teknolojilerinin ağ yapısı tarafından ortaya çıkan, siber alan ve suç kavramlarını bir araya getiren siber suç kavramı, verdiği zararlar nedeniyle (Wall, 2008) bilimsel alanda da sıklıkla üzerinde durulan bir konu olmuştur. Siber güvenliği tehdit eden siber suçlar ile ilgili çalışmaların birçoğu siber suçun hukuki ve politik yönü ile ilgili iken (ör. Brenner ve Koops, 2004; Hekim ve

[1] Yüksek Lisans Öğrencisi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, bulentsemih@gmail.com
[2] Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, mehmetcabira@gmail.com

Başıbüyük, 2013; Murat, 2013; Küçükvardar, 2018; Aliusta ve Benzer, 2018; Sandilaç, 2022), bir kısmı siber suçların ekonomik ve mali boyutu ile ilgilenmiştir (ör. Miynat ve Duramaz, 2013; Akdemir, Sungur ve Başaranel, 2020). Siber suçlar ve sosyal medya konularının kavramsal olarak bir arada ele alındığı çalışmalar ise görece sınırlı kalmıştır (ör. Wall ve Williams, 2013; Almansoori vd., 2021; Yeboah-Ofori ve Brimicombe, 2018; Patel vd., 2017; Soomro ve Hussain, 2019). Bu doğrultuda mevcut çalışmanın amacı siber suçlara yönelik olarak sosyal bir medya platformu olan Twitter'daki Türkçe yorumların veri madenciliği yoluyla incelenmesi ve gönderilerdeki duyguların analiz edilmesidir. Böylece kullanıcıların siber suçlara yönelik farkındalığı tespit edilebilecek, ayrıca veri toplamanın güç bir alan olması nedeniyle, siber suçlara yönelik kullanıcıların deneyimleri ve deneyimleri sonucu oluşan duyguları yorumlanacaktır.

2.Kavramsal ve Kuramsal Çerçeve

Teknolojinin sağladığı suç yelpazesi, hem teknolojik değişimin bir fonksiyonu olarak hem de yeni teknolojilerle sosyal etkileşim açısından her zaman gelişmektedir (Clough, 2010). Bu bölümde siber suç kavramı, siber suç türleri, siber suç işleme yöntemleri ile çalışma alanına ilişkin yapılmış çalışmalar ele alınmıştır.

2.1.Siber Suç Kavramı ve Kapsamı

Siber alanın karanlık yüzünü oluşturan siber suçlar, kullandığı inovasyon uygulamaları ile geleneksel siber güvenlik modellerini geride bırakarak suçluların önemli kazançlar elde ettiği illegal bir endüstri oluşturmuştur. Siber suç merkezleri olarak da hizmet veren şirketler, web sitesi tasarımından web sitesi reklamcılığına, alan adı kayıtlamadan (domain) web alanı oluşturmaya (web hosting) kadar bir çok bilgisayarı kötü amaçlı yazılım yüklemek suretiyle internet zombileri haline getirmektedir (Kostopoulos, 2017). Siber suçun kapsamına giren kavramlar zaman içinde değişiklik göstermiştir. Siber suçun ilk tanımlamalarında "bilgisayar suçu", "bilgisayarla ilgili suç", "bilgisayarlarla suç" terimleri ile tanımlanırken, dijital teknolojinin yaygınlaşması ile "yüksek teknoloji suçu", "bilgi çağı suçu" kavramları ile tanımlanmıştır. İnternetin yaygın hale gelmesinden sonra "siber suç" ya da "internet suçu" ile kavramsallaştırılırken "dijital suç", "elektronik suç (e-suç)", "sanal suç", "bilişim suçu", "teknoloji destekli suç" ya da "yüksek teknoloji suçları" olarak da ifade edilmiştir. Bu açıdan, yalnızca internet ya da yalnızca bilgisayar odaklı terimler kavramı açıklamakta yetersiz kalırken, suçun işlenmesinde teknoloji kullanımının rolünü öne çıkaran tanımların daha yararlı olacağı düşünülmektedir (Clough, 2010: 9).

Geleneksel suçlar gibi bir çok farklı yönü bulunan siber suç, bilgisayarlarla işlenen suçları kapsamakta ve mağdurun yani suçun yöneldiği kişinin algısına göre değişmektedir. Geniş bir kapsamı bulunan siber suç, bilgisayar, ağ veya donanım aygıtı kullanılarak işlenen herhangi bir suç olarak tanımlanmıştır.(Gordon ve Ford, 2006). Siber suçların hukuk tarafından ayrı bir referansa gerek kalmadan suç kapsamında değerlendirilebileceğini belirten Wall (2001:2), siber suçu, bilgisayarla ilgili olan zararlı bir davranışın meydana gelmesi olarak ifade etmektedir. Siber suçların sınır aşan uluslararası yapısı nedeniyle birçok ülkenin işbirliğini içeren ve alanında ilk olma özelliği gösteren 2001 yılında imzalanan Avrupa Konseyi Siber Suç Sözleşmesi (Budapeşte Sözleşmesi) bilgisayar sistemi, bilgisayar verisi, servis sağlayıcıları ve veri trafiği kavramlarını tanımlayarak, bu kapsama giren her türlü bilginin ve verinin yasadışı dinleme, yasadışı giriş, verilere ve sisteme müdahale, aygıtların kötüye kullanımı, bilgisayarla işlenen sahtekarlık ve dolandırıcılık suçları, çocuk pornografisi suçları, telif hakkının ihlaline ilişkin suçlar, bu suçlara teşebbüs etmek, yardım etmek ve yataklık etmek suçlarını siber suçlar arasında saymıştır (Council of Europe, 2022).

Philips vd. (2022) siber suçun kapsamına giren suçların botnetler, CSAM/CSE, taciz, radikalleşme, pornografik malzeme, nefret söylemi, zorlama, fidye yazılımları, bilgisayarla ilgili sahtecilik, soygun, dini suçlar, bilgisayarla ilgili dolandırıcılık, kimlik hırsızlığı, seks turizmi, telif hakkı ihlalleri, yasa dışı erişim (hackleme/kırma), seks ticareti, yasa dışı veri toplama, kaçakçılık,

yasadışı online kumar, cinsel içerikli mesajlaşma, cinsel zorlama, siber zorbalık, yasadışı oyun, siber dolandırıcılık, yasa dışı müdahale, spam, siber savaş, takip, veri müdahalesi, şiddeti kışkırtma, sistem müdahalesi, nitelikli sahtekarlıklar, terörizmi aklamak, dijital korsanlık, cihazların kötüye kullanımı, ticari marka ile ilgili suçlar, uyuşturucu ticareti para biriktirme, trolleme, casusluk, kimlik avı, gasp, siyasi müdahale, yabancı düşmanlığı gibi suçlar olduğunu belirtmişlerdir. Al-Khater vd. (2020) siber suçları çoğunlukla bir gizlilik ve güvenlik ihlaline, iş kayıplarına mali dolandırıcılığa ve kamuda büyük hasara yol açan, bilgisayarları veya diğer dijital iletişim araçlarını hedef ve aracı olarak kullanan, bilgisayar teknolojisinin yaygınlığı ile ilişkili olan suçlar olarak nitelendirmişlerdir. Ayrıca, siber suçların yaygın biçimleri çocuk pornografisi, siber taciz, kimlik hırsızlığı, siber aklama, kredi kartı hırsızlığı, siber terörizm, uyuşturucu satışı, veri sızıntısı, müstehcen içerik, kimlik avı ve siber korsanlık olduğunu belirtmişlerdir (Al-Khater vd., 2020).

Türkiye'de 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu ile bilişimi suçları kapsamında değerlendirilen siber suçlar, "bilişim sistemine girme" (TCK, md.243), "sistemi engelleme, bozma, verileri yok etme veya değiştirme" (TCK, md.244), "banka veya kredi kartlarının kötüye kullanılması" (TCK, md.245), "yasak cihaz veya programlar" (TCK, md.245/A) olarak sınıflandırılmıştır (TCK). Yine, Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı'na bağlı olarak kurulan vatandaşların siber ortamda güvenliğini sağlamaya yönelik çalışmaların yapıldığı Siber Suçlarla Mücadele Daire Başkanlığı SİBERAY Programı, banka hesaplarına izinsiz erişim, kötü amaçlı yazılım, kurum ya da kişilerin verilerine izin almaksızın gerçekleştirilen erişim, itibarı zedeleme, sistemleri durdurmaya ilişkin saldırılar, fidye yazılım, kripto sistemlerinin kullanımı, virüslerin dağılımına yardım, botnetlerin parçası olmak gibi suçları bu kapsamda değerlendirmektedir (SİBERAY, 2022).

Siber suçların gelişim evriminde üç temel aşama bulunmaktadır. Birinci aşama, sneakerware olarak adlandırılan kötü amaçlı yazılımların bilgisayara harici bir disket ya da sabit disk vasıtasıyla bir bilgisayarı hedef aldığı ve teknolojinin insanlardan ayrışmış durumda olduğu aşamadır. Örneğin, ilk Macintosh virüsü Elk Cloner, bir disket aracılığıyla yerleştirilen bilgisayarlar için bir video oyununun parçası durumundadır. İkinci aşamada insanların teknolojiyi aktif olarak kullandığı ve dolandırıcıların, e-posta eki yoluyla yayılan ILOVEYOU ve Melissa virüsü gibi e-posta kaynaklı ilk virüsleri geliştirdikleri aşamadır. Üçüncü aşamada ise, teknoloji artık insanların yerini almaktadır. Bu aşamaya giren ilk kötü amaçlı yazılım, 2001 yılında keşfedilen Code Red, Microsoft bilgisayar sistemlerine saldırmış ve HTTP isteklerini kullanarak diğer sistemlere yayılmıştır. Code Red solucanı, sahibinin komutlarına yanıt vermez, bunun yerine bilgisayarın işletim sistemine bir arka kapı oluşturarak bağımsız olarak çalışır. Bilgisayar sahibi, solucanın bilgisayarla ne yapacağını bilemez. İlk Code Red, Beyaz Saray'a bir hizmet reddi (DoS) saldırısı başlatmıştır. Code Red virüsünün bulaştığı tüm makineler aynı anda Beyaz Saray web sunucusuna istek göndermeye başlayarak sunucuyu bunaltmıştır. Kırmızı Kod bulaşmış bilgisayarları olan kişilerin virüslü bir makinesi olmasının yanında, Beyaz Saray'da DoS saldırısı suçu işlediklerinden de potansiyel olarak şüphelenilmiştir (Kremling ve Sharp Parker, 2018: 90).

Siber suç kavramının coğrafi bir sınırlamasının olmaması, teknolojinin gelişmesine bağlı olarak yeni suç işleme yöntemleri ile teknik, taktik ve prosedürler açısından sürekli olarak değişim ve dönüşüm geçirmesi siber suç kavramının kapsamını belirsiz hale getirmektedir. Bu açıdan hem suçun işlenmesini önleme görevi olan ulusal kurumlarca hem de uluslararası alanda devletlerin güvenliği sağlamak açısından sıklıkla ele alınan bir konu olmuştur.

2.2.Siber Suç İşleme Yöntemleri ve Araçları

Siber saldırı ve siber suç sınıflandırmaları, tehditler, güvenlik açıkları, hacker alt kültürü, riskler, etki, teknoloji ve insan faktörleri üzerine kuruludur. Günümüzde siber güvenlik açıkları basit, karmaşık veya çeşitli siber saldırıların bir kombinasyonu kullanılarak istismar edilmektedir (Sabillon vd. 2016: 168). Siber suç işleme araçları ve türlerinden bazıları şu şekilde sıralanabilir:

Sniffing Attack (Ağ Dinleme Saldırısı): Koklama saldırısı olarak da adlandırılan bu saldırıda, hedef ağdaki yazıcı, tarayıcı ya da bilgisayar gibi bir program veya cihaz vasıtasıyla, ağdaki dosyalar, şifreler, FTP (File Transfer Protocol, Dosya Aktarım Protokolü) dosyalar, e-posta dosya ve metinleri çalınmaktadır. Verilerin gizliliğinin ihlal edildiği sniffingin temel amacı, kullanıcının şifresini ve diğer kişisel bilgileri elde etmektir. (Kulshrestha & Dubey, 2014) Bu saldırılar auvik, solarwinds network packet sniffer, wireshark, paessler prtg, manageengine netflow analyzer, tcpdump, windump, networkminer, colasoft capsa, telerik fiddler, kismet isimili uygulamalar vasıtasıyla yapılmaktadır (SoftwareTestingHelp, 2022).

Sniffing diğer adıyla koklama saldırılarının medya erişim kontrolü (MAC flooding), DNS ön bellek zehirlenmesi/sahtekarlığı (DNS poisioning), adres çözümleme protokolü zehirlemesi (ARP poisioning), dinamik ana bilgisayar yapılandırma protokü saldırıları (DHCP attacks), şifre koklaması (password sniffing) adlı farklı türleri bulunmaktadır (SoftwareTestingHelp, 2022).

Medya Erişim Kontrolü: İngilizce adıyla MAC flooding olarak adlandırılan bu saldırı türü, adresi ağda bulunan her cihazda bulunan ve cihazı üreticisi tarafından cihaza atanan sabit bir adrestir. Her ağ sisteminin hizmet verebileceği bir maksimum cihaz sayısı vardır. Örneğin evlerde kullanılan 4 veya beş portlu swichlerde bu sayı 250 civarındadır. Bu sayıdan fazla cihazın hizmet almak istemesi durumunda, cihaz kilitlenmekte ve hizmet veremez hale gelmektedir. MAC flooding saldırılarında saldırgan cihaz tarafından üretilen sanal MAC (Media Access Control) adresleri ile swiche aşırı cihaz bağlanmış gibi göstererek, swichin kilitlenmesine ve dolayısı ile hizmet veremez hale gelmesi amaçlanmaktadır. MAC, bir bilgisayar ağındaki her bir düğümü tanımlayan fiziksel bir adrestir. İçerik Adresi Belleği (CAM), MAC adresini anahtarda saklar. CAM boyutu sabittir. CAM tablosu, kapasitesinin ötesinde MAC adresiyle dolup taşarsa, anahtar birden fazla bilgisayarı tek bir ağ üzerinden birbirine bağlayan bir merkezi aygıta (hub) dönüştürülür (Anu & Vimala, 2017).

DNS ön bellek zehirlenmesi/sahtekarlığı (DNS poisioning): İnternette bir web sitesine erişmek için o sitenin bulunduğu IP adresini girmek yerine o alana tanımlanmış adresi girerek siteye erişim sağlanır. Örneğin Google arama motoruna erişmek için 172.217.18.206 yazmak yerine akılda daha kalıcı olan ve alan adı sunucusunda tanımlı olan Google.com adresi girilerek istenilen siteye ulaşılmaktadır. Ön bellek zehirlenmesinde, saldırgan alan adı sunucusunu hedef alarak site adresini sahte bir sunucuya yönlendirmektedir. Böylece, kullanıcıların sahte bir siteye erişimini sağlayıp, aldatıcı bir kimlik avı gerçekleştirilmektedir (Duan vd., 2012).

ARP Poisoning: ARP (Address Resolution Protocol, Adres Çözümleme Protokolü), yerel ağ üzerinde tanımlanmış olan MAC adresleriyle IP (Internet Protokol) adresinin eşleşmesi için kullanılan bir protokoldür. ARP, IP adreslerini donanım veya MAC adreslerine çözümler. ARP zehirlenmesi saldırısı, uzak bir makinenin ARP önbelleğindeki IP/MAC adres eşlemesini kötü niyetli olarak değiştirmeyi hedefler. ARP zehirlenmesi genellikle Hizmet Reddi (DoS) veya MITM (ortadaki adam) saldırıları gibi diğer saldırı türlerini başlatmak için kullanılır (Nam vd., 2010). Ağ sistemlerinin verimli çalışabilmesi için adres çözümleme protokolü oldukça basittir. Bu nedenden dolayı herhangi bir kimlik doğrulama gibi bir güvenlik tedbiri yoktur. Bu saldırı türünün diğer adı da ortadaki adam (man-in-the-middle- MITM) saldırısıdır (Nachreiner, 2003).

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) Saldırıları: DHCP, bir ana bilgisayara IP adresi sağlayan bir istemci sunucu protokolüdür. Ayrıca varsayılan ağ geçidi, alt ağ maskesi gibi yapılandırmayla ilgili bilgileri de sağlar. DHCP, istemcisinden kimlik doğrulamasını zorunlu kılmadığından, DHCP savunmasız ve güvenli olmayan bir hizmet olarak kabul edilir. DHCP hizmetine çeşitli şekillerde saldırılabilir; bazı saldırganlar hizmeti çökertmek için belirli yazılım kodu hatalarını hedeflemekteyken, bazıları da DHCP istemcileri için sunucu IP bağlamaları ve kapsam/havuz tanımları gibi yanlış ayarlar sağlamak için DHCP yapılandırmasından yararlanmaya çalışabilir. Ancak, en fazla kullanılan saldırı yöntemleri DHCP flood saldırıları, DHCP starvation saldırıları ve DHCP spoofing (sahte e-posta, sızdırma) saldırılarıdır. *DHCP flood saldırısı*, saldırganın

performansını ve yeteneklerini etkilemek için DHCP hizmetine sürekli olarak sahte DHCP istemci mesajları gönderdiğinde meydana gelir. Bu tür saldırılar, fazla gelen mesaj miktarı nedeniyle genellikle DHCP sunucusunu yavaşlatır. *DHCP starvation saldırısı*, bir saldırganın mevcut IP adreslerini tüketmek için DHCP sunucusunun havuzunu hedefleyen, sahte DHCP istemci mesajlarının gönderildiği özel bir tür saldırıdır. Zamanla, bir DHCP havuzundaki kullanılabilir IP adresleri tükenir ve meşru DHCP istemcilerinin IP adresleri kullanamaz hale gelir. *DHCP spoofing saldırısı*, hedeflenen bir ağda sahte DHCP sunucusu olarak da bilinen bir DHCP Rogue sunucusu çalıştırılarak yapılır. Başlangıçta, sahte bir DHCP sunucusu yanlışlıkla veya bir saldırgan tarafından eklenebilir. Genellikle, yetkili bir DHCP sunucusu içeren bir ağa sahte bir DHCP sunucusu sunulur. Sonuç olarak, istemci DHCP mesajlarına yanıt verirken bir yarış durumu ortaya çıkar. DHCP istemcisi, bağlama bilgilerini yapılandırmak için ilk gelen mesajı kullanır. DHCP haydut sunucusu, meşru istemcilere yanlış ve yetkisiz bağlama bilgileri sunan bir ortadaki adam (MITM) saldırısı oluşturur (Aldaoud vd., 2021).

Parola Sniffing (Password Sniffing): Sniffing, ağ güvenliğinin gizlilik özelliğini yok eden bir saldırıdır. Sniffer'ın temel amacı, kurbanın şifrelerini ve diğer giriş bilgilerini kırmaktır. Parolalar, saldırganlara ifşa edilen veri paketlerine kaydedilir. Parola sniffing saldırısına karşı en iyi çözüm, parolaların değerini değiştiren veri tetikleyicileri kullanmaktır. Saldırgan, gizliliği kırarsa, tüm verileri ifşa edebilir. Saldırganın temel amacı, paylaşılan medya üzerinde dolaşan verileri yakalamaktır. Tek kullanımlık şifrenin veya şifreleme sisteminin kullanılması durumunda saldırgan hem http hem de https ile gezindiği için kurbanın yeni bir oturum oluşturmasına izin vermeyecektir (Kulshrestha ve Dubey, 2014).

Hizmet Dışı Bırakma (Denial of Service-DOS): Hizmet dışı bırakma saldırıları (DOS) web siteleri için sürekli bir tehlikedir. DOS, bir sitenin önemli bir süre çevrimdışı kalması durumunda ciddi bir gelir kaybına yol açabilmektedir. Hizmet dışı bırakma saldırılarının en çok bilinen türleri Ping of Death ve TCP SYN Flood'dur. Bir Ping of Death saldırısında, bir ana bilgisayar, başka bir ana bilgisayarı devre dışı bırakmak veya ICMP Yankı yanıtlarıyla yanıt veremeyecek kadar meşgul tutmak için büyük veya yasa dışı veri paketi boyutuyla yüzlerce ping isteği gönderir. TCP SYN Flood saldırısı, geçersiz bir dönüş adresiyle bağlantı isteği göndererek, standart TCP üç yönlü protokol anlaşmasından yararlanır (Elleithy vd., 2005). Bu saldırı yönteminde ağ üzerinde sistemin hizmet alışı durdurulur. Bu noktada zombi ya da botlar saldırının hedefinde yer alan makinenin ya da sistemin CPU, bant genişliği ve belleği tüketilmektedir (Atasever vd., 2019).

TCP/ IP Sahtekarlığı (TCP/IP Spoofing): IP sahtekarlığı, saldırganın IP katmanında bir ana bilgisayarın (veya meşru bir kullanıcının) kimliğine büründüğü bir saldırıdır. Çoğu durumda amaç, iki ana bilgisayar arasındaki güven ilişkisine saldırmaktır, bu ilişki bir ana bilgisayarın kimliğini doğrulamak için kaynak IP adresine bağlıdır. Saldırı, yalnızca hedef ana bilgisayarın en az bir başka ana bilgisayarla güven ilişkisi varsa mümkündür. En popüler güven ilişkisi, Unix işletim sistemlerinde bulunan .rhosts dosyası tarafından sağlanır, ancak birçok başka dosya da mevcuttur. Örneğin Unix dosyaları hosts.allow, hosts.equiv, .rhosts dosyası, kullanıcının yalnızca kendileri için geçerli olan bir dizi güvenilir ana bilgisayar oluşturmasına olanak tanır (Harris ve Hunt, 1999). Bu saldırı türünde ağ trafiğine bir filtre uygulanmaması nedeniyle, saldırgan tarafından oluşturulan bir IP adresinin eklenmesi ve bu bilinmeyen/gizli bir kimlikle tarayıcıya ulaşılarak kaynak bilgiler elde edilmektedir. Böylece saldırganın hedefi güçsüzleştirilmektedir (Kuban Torun ve Torun, 2022).

Sosyal Mühendislik: Siber güvenlik zincirini zayıflatan sosyal mühendislik saldırıları, değerli ve hassas verileri ifşa etmek için bireyleri ve işletmeleri manipüle etmeyi amaçlamaktadır. Sosyal mühendislik, güvenlik duvarlarının, kriptografi yöntemlerinin, izinsiz giriş tespit sistemlerinin ve anti-virüs yazılım sistemlerinden bağımsız olarak tüm ağların güvenliğini tehdit etmektedir. İnsanların, bilgisayarlara veya teknolojilere kıyasla, diğer insanlara güvenme olasılığı daha yüksektir.

Bu nedenle güvenlik zincirindeki en zayıf halkalardır. İnsan etkileşimleri yoluyla gerçekleştirilen kötü niyetli faaliyetler, bir kişiyi psikolojik olarak gizli bilgileri ifşa etmeye veya güvenlik prosedürlerini ihlal etmeye zorlamaktadır. Bu nedenle en güçlü siber saldırılar olarak nitelendirilmektedir. Sosyal mühendislik saldırılarında ortak olan aşamalar; hedef hakkında bilgi toplamak, hedefle ilişki geliştirmek, mevcut bilgileri kullanarak saldırıyı gerçekleştirmek ve iz bırakmadan çıkıştır (Salahdine ve Kaabouch, 2019).

SQL Enjeksiyonu: Web uygulamalarının en ciddi tehditlerinden biri olan SQL enjeksiyonu, bir saldırganın temel veri tabanlarına tam erişim elde etmesine izin verebilir. Bu veri tabanları genellikle hassas tüketici veya kullanıcı bilgileri içerdiğinden, ortaya çıkan güvenlik ihlalleri arasında kimlik hırsızlığı, gizli bilgilerin kaybı ve sahtekarlık sayılabilir. Bazı durumlarda, saldırganlar, Web uygulamasını barındıran sistemin kontrolünü ele geçirmek ve sistemi bozmak için bir SQL enjeksiyon güvenlik açıklarını kullanabilir. Bu saldırılar, kullanıcılardan girdi alan ve bunu temel bir veri tabanındaki SQL sorgularına dahil eden herhangi bir Web uygulaması için ciddi bir tehdittir. İnternette veya kurumsal sistemlerde kullanılan çoğu Web uygulaması bu şekilde çalışır ve bu nedenle SQL enjeksiyonuna karşı savunmasız olabilir (Halfond vd., 2006).

Tanımlama Bilgileri ve Ekleri (Cookies): Tanımlama bilgileri, oturum ele geçirme gibi ek saldırılar için araç olan kullanıcı adları, parolalar ve oturum kimlikleri dahil olmak üzere web tarama geçmişini ve hassas verileri depolayabilir. Kötü amaçlı ekler, virüsler, truva atları ve solucanlar gibi kötü amaçlı yazılım saldırılarını tetikleyebilir (Sabillon vd. 2016).

Kötü Amaçlı Yazılımlar (Truva Atları, Solucanlar, Virüsler, Casus Yazılım, Fidye Yazılım, Korsan Yazılım, Sahte Antivirüs Yazılımları, Botnetler): Normal işleyişi bozmak, erişim kontrollerini atlamak, hassas bilgiler toplamak, istenmeyen reklamları görüntülemek veya kullanıcının bilgisi olmadan cihazın kontrolünü ele geçirmek için yazılabilir. Ayrıca, kötü amaçlı yazılım ve kasıtsız olarak zararlı yazılımlar topluca kötü amaçlı yazılım olarak adlandırılır (Qamar vd. 2019).

Oltalama (Phishing): Gizli bilgileri nihai kullanıcılardan izinsiz şekilde elde eden hileli bir yöntemdir. Kimlik avı normalde sahte web sitelerinin kullanımını içerir. Kimlik avcıları, geçerli bir web sitesiyle etkileşime giren gerçek zamanlı bir URL'yi etkinleştirmek için evrensel bir ortadaki adam kimlik avı kiti yapılandırır (Sabillon vd., 2016).

Bukalemun (Chameleon): Bukalemun saldırısı, yayınlanan içeriğin OSN içinde görüntülenme biçimini, yapılan değişikliklere ilişkin herhangi bir gösterge olmadan değiştirmek için bağlantı önizlemelerinden ve yeniden yönlendirilen bağlantılardan yararlanır. Bu saldırının bir parçası olarak, düşman, yönlendirme bağlantılarını kullanarak bir OSN'nin içerik düzenleme kısıtlamalarını aşar (Elyashar vd., 2020).

Keyloggers: Bu yöntemde, kullanıcının tuş vuruşlarını veya ekran içeriğini kaydeden bir donanım aygıtı veya küçük bir program olabilir. Fiziksel bir cihaz ise, saldırganın bilgilere erişmek için onu kaldırması gerekir. Öte yandan, gizli program kurbanın bilgisayarına yüklendiyse, DLL (Dynamic Link Library) dosyası tüm tuş vuruşlarını kaydeder (Sabillon vd., 2016).

2.3.Siber Suçlarla İlgili Çalışmalar

Siber suçlarla ilgili yapılan çalışmaların büyük bir kısmı siber suç kavramsal açıdan ele almıştır (örn. bkz. Das ve Nayak, 2013; Leukfeldt, 2014; Grabosky, 2004; Chung vd., 2006; Çetin vd., 2015; Tsakalidis ve Vergidis, 2017; Küçükvardar, 2018; Al-Khater vd., 2020; Cengiz, 2021). Bununla birlikte ampirik olarak çalışmalar sınırlı olmakla birlikte az sayıdadır (örn. bkz. Stanciu ve Tinca, 2017; Sürer, 2014; Hassanien vd., 2021). Ayrıca birincil verilere dayanan analizlerle siber suçları inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır (örn. Erdoğan ve Öztürk, 2021). Chayal ve Patel (2020) veri madenciliği metotlarının farklı siber saldırıları tahminlemede önemli bir yöntem olduğunu ifade

etmişlerdir. Siber suçları veri madenciliği ve makine öğrenmesi yöntemiyle inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin Van Hee (2018) Phyton programlama dilinden faydalanarak çevrimiçi zorbalığın failleri, kurbanları ve görgü tanıkları tarafından yazılan gönderileri modelleyerek İngilizce ve Flemenkçe dilindeki sosyal medya metinlerinde siber zorbalığı tespit etmeyi amaçladıkları çalışmalarında, lanet, hakaret, teşvik, savunma, cinsel, tehdit gibi alt kategorilerin oluştuğunu, önerdikleri programın otomatik olarak siber zorbalığı (İngilizce dili için %64, Flemenkçe için %58) başarıyla tespit edebildiğini vurgulamışlardır.

Siber suçlara yönelik olarak duygu analizinin yapıldığı çalışmalar ise gelişme aşamasındadır (ör. Al-Rowaily vd., 2015; Biswas vd., 2018; Abanoz, 2018; Rawat vd., 2021; Gupta vd., 2022; Abayomi-Alli vd., 2022). Al-Rowaily vd. (2015) çalışmalarında fikir madenciliği ve duygu analizini kullanarak Alokab ve Dark web forumlarından elde ettikleri siber tehditler, radikalizm ve çatışmalarla ile ilgili 2000 gönderi üzerinden İngilizce ve Arapça olmak üzere İki Dilli Duygu Analizi gerçekleştirmiştir. Çalışmada ayrıca veri setlerine çevrimiçi ulaşmak için bir Web arayüzü geliştirilmiştir. Biswas vd. (2018) bilgisayar korsanlarının davranışlarını inceledikleri çalışmalarında Arizona Hacker (hackhound.org) veri tabanından elde ettikleri 5754 adet gönderiyi role dayalı hacker sınıflaması elde etmek amacıyla lojistik regresyon modeli kullanmışlar, hacker anahtar kelime sıklığı ile duyguları analiz etmişlerdir. Rawat vd. (2021) çalışmalarında siber kötü amaçlı online gönderiler üzerinden farklı sınıflandırma araçları kullanarak duygu analizi gerçekleştirmişlerdir. Gupta vd. (2022) kullanıcı güvenlik ihlali, e-ticaret siteleri, sahte haberler, siber zorbalık, sosyal medyadaki güvenilirlik ile ilgili güvenlik sorunlarını konu alan tweetleri duygu analizi yaklaşımı ile Multinomial Naïve Bayes ve Pasif-Agresif Sınıflandırıcı yoluyla sınıflandırmışlar ve elde edilen verileri performans ölçütlerine ve doğruluk puanına dayalı olarak yorumlamışlardır. Abayomi-Alli vd. (2022) Twitter üzerinde Nijerya'da siber suçla eşanlamlı olan "yahoo-yahoo" hash-taginden elde edilen verilere içerik analizi gerçekleştirmişler ve 5500 tweeti tokenizer kullanarak duygu analizi, konu modelleme ve konu görselleştirme grafikleri ile yorumlamışlardır.

Alan yazında incelenen ve siber suç ile ilgili sosyal medya gönderilerinde duygu analizi yapılan çalışmalarda R programı kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu doğrultuda mevcut çalışmada, siber suçlarla ilgili Twitter kullanıcılarının yorumları RStudio programı kullanılarak duygu analizi gerçekleştirilmiştir.

3.YÖNTEM

Mevcut çalışmanın temel amacı Twitter kullanıcılarının siber suç ve saldırılara yönelik duygularının incelenmesidir. Araştırmanın yan amacı ise Twitter kullanıcılarının siber suçlarla ilgili gönderdikleri tweetlerde en çok kullanılan kelimelerin belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda çalışmada ele alınan araştırma soruları;

- Sosyal medya kullanıcılarının siber suçlarla ilgili gönderdikleri tweetlerinde en çok kullanılan kelimeler hangileridir?
- Sosyal medya kullanıcıların siber suçlarla ilgili gönderdikleri tweetleri kullanıcılarda nasıl duygular uyandırmaktadır? şeklindedir.

Çalışma kapsamında 1 Ocak 2017- 28 Kasım 2022 tarihleri arasında "siber suç", "bilişim suçları", "internet dolandırıcılığı", "hesabım çalındı", "şifrem çalındı", "siber zorbalık" ve "siber taciz" anahtar kelimelerinin yer aldığı toplam 1567 adet Türkçe dilindeki tweet, R programı ile veri kazıma (scrape) işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen veri setinden, tweetlerde siber suçlara ilişkin en çok kullanılan kavramların tespit edilmesi amacıyla "stopwords" ve tek başına anlam ifade etmeyen edat, bağlaç, sayı, numara, özel semboller, boşluklar vb. sözcükler temizlenmiştir. Çalışmada ayrıca elde edilen 1567 adet tweete R programından faydalanılarak duygu analizi (sentiment analysis) yapılmıştır. Duygu analizi büyük verinin kolay analiz edilebilmesi için

ölçeklenebilirlik, durumsal farkındalığın ölçülebilmesi ve kavramların karakterize edilebilmesi için gerçek zamanlı inceleme ve eğilimlerin belirlenebilmesi için tutarlı kriterler elde edilmesinde avantajlar sağlayan bir analizdir (Shah ve Swaminarayan, 2020).

Verilerin analizinde RStudio programında aşağıda yer alan araç ve paketler (The Comprehensive R Archive Network, 2022) kullanılmıştır:

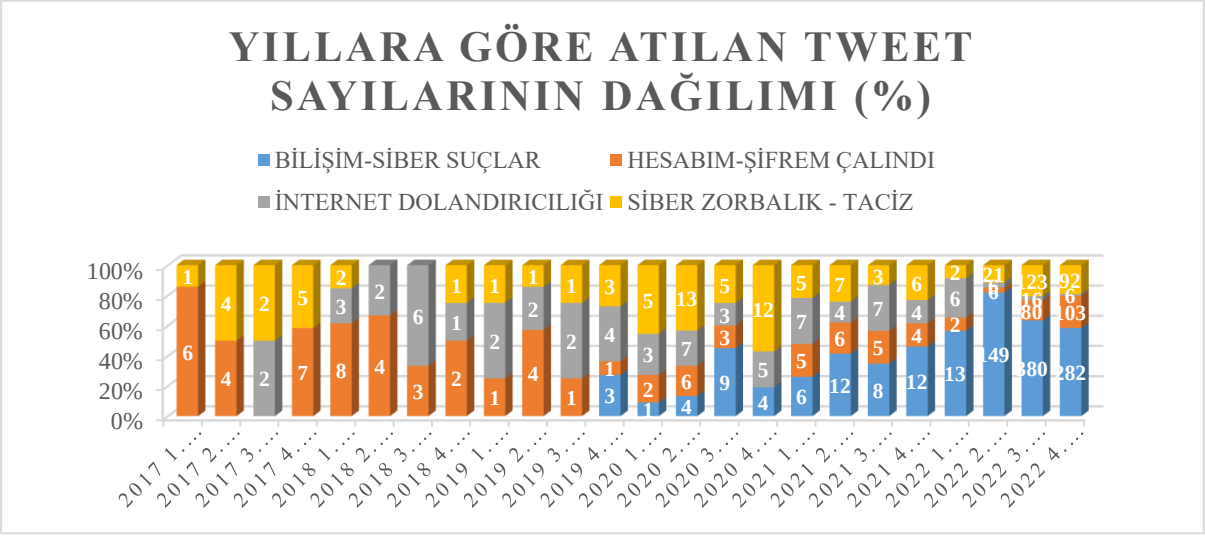
- Metin madenciliği aracı (*text mining tool-tm),*
- Twitter'a erişim sağlayan R paket programı olan *twitte*R,
- Kelime bulutu oluşturmak amacıyla kullanılan paket program *wordcloud2,*
- OAuth 1.0 spesifikasyonu için bir arayüz sağlayan ve kullanıcıların OAuth aracılığıyla istedikleri sunucuda kimlik doğrulaması yapmasına olanak tanıyan paket program (*ROAuth*)
- Bellekte olan ve olmayan uzak veri tabanlarında işlem yapmayı sağlayan *dplyr,*
- Veri temizleme işleminde kullanılan paket program *"tr", source = "stopwords-iso"*
- Görselleştirme ve modellemede kolaylık sağlayan paket program *tidyverse,*
- Tweetlerde sık kullanılan kelimelerin analizini kolaylaştıran paket program ve kütüphane *tidytext,*
- Verilerin analizindeki görselleştirmelerin etkili şekilde sunumu için *RColorBrewer ggplot2,*
- Duygu analizi için kullanılan paket program *syuzhet.*

4.Bulgular

Bu bölümde sosyal medya kullanıcılarının siber suçlarla ilgili gönderdikleri tweetlere yönelik tanımlayıcı istatistikleri, tweetlerde en çok kullandıkları kelimelere ilişkin analizler ve tweetlerin içeriğine yönelik duygu analizleri ve sonuçlarına yer verilmiştir. Tweetlerde arama kelimesi olarak; "siber suçlar ve bilişim suçları", "hesabım/şifrem çalındı", "internet dolandırıcılığı", "siber zorbalık ve siber taciz" anahtar kelimeleri kullanılmıştır.

4.1.Tweetlere Yönelik Tanımlayıcı İstatistikler

Çalışma kapsamında analize dahil edilen ve siber suçlara ilişkin 1567 Türkçe dilindeki tweetin 2017 yılından itibaren dağılım sayıları (1., 2., 3. ve 4. çeyrek olarak) Grafik 1'de gösterilmiştir. Kullanıcılar tarafından siber suçlara ilişkin gönderdikleri tweetlerin en fazla 2022 yılının 3. çeyreğinde (592 tweet) kaydedildiği görülmüştür.



Grafik 1: Yıllara Göre Tweet Sayılarının Dağılımı

Kullanıcılar tarafından siber suçlara ilişkin gönderilen tweetlerin gün içindeki saatlere göre dağılımı Grafik 2'de verilmiştir. Buna göre 110 tweet ile en fazla gönderi yapılan saat 18:00 olarak kaydedilmiştir.



Grafik 2: Saatlere Göre Tweet Sayılarının Dağılımı

4.2.En Çok Kullanılan Kelime Analizi ve Kelime Bulutları

RStudio Programı ile gerçekleştirilen analizde Twitter sosyal medya kullanıcılarının siber suçlara yönelik gönderdikleri tweetlerin tümü değerlendirildiğinde, en çok kullanılan ilk 10 kelimenin "siber", "suçlar", "zorbalık", "çalındı", "hesabım", "internet", "bilişim", "sosyal", "dolandırıcılığı", "taciz" sözcükleri olduğu belirlenmiştir. En çok kullanılan kelimenin 1191 kez kullanılan siber kelimesi olduğu görülmektedir. En çok kullanılan diğer kelimelerin dağılımı ve görünüm sayıları Tablo 1'de listelenmiştir. Siber suçlara ilişkin en çok kullanılan sözcüklerin kelime bulutu ise Şekil 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: Tweetlerde En Çok Kullanılan Sözcüklerin Dağılımı

Siber Suçlarla İlgili En Çok Kullanılan Sözcükler	Görünüm/Sıklık Sayısı
Siber	1191
Suç	791
Zorbalık	274
Çalındı	228
Hesabım	175
İnternet	154
Bilişim	135
Sosyal	119
Dolandırıcılık	101
Taciz	101



Şekil 1. Siber Suçlarla İlgili Kelime Bulutu

Araştırma kapsamında "bilişim suçları ve siber suçlar" anahtar kelimesiyle gerçekleştirilen arama sonucunda en çok kullanılan ilk 10 kelimenin "bilişim, emniyet, EGM, tweet, birim, müdürlük, sosyal, mücadele, tehdit ve öğrenci" kelimeleri olduğu tespit edilmiş ve arama sonucuna ilişkin kelime bulutu Şekil 2'de gösterilmiştir.

"Hesabım/Şifrem Çalındı" anahtar kelimesi kullanılarak tweetlerde yapılan analizde en çok tekrarlanan ilk 10 kelimenin "hesap, çalınmak, şifre, instagram, arkadaşlar, tweet, mesaj, takip, şikayet, Twitter" sözcükleri olduğu görülmüştür. Buna ilişkin kelime bulutu Şekil 3'te verilmiştir.

"İnternet dolandırıcılığı" anahtar kelimesi ile Twitter'da gerçekleştirilen analiz sonucunda tweetlerde en fazla gözlenen kelimelerin "dolandırıcılık, internet, banka, suç, sorumlu, Yargıtay, telefon, operasyon, zarar, siber" sözcükleridir. Bu kapsamda elde edilen kelime bulutu Şekil 4'te yer almaktadır.

"Siber zorbalık ve siber taciz anahtar kelimesi kullanılarak Twitter üzerinde yapılan analizde kullanıcılar tarafından en fazla tekrar edilen ilk 10 kelimenin "siber, zorbalık, sosyal, azaldı, dijital, dikkat, şiddet, okulda, psikolojik, akran" sözcükleri olduğu tespit edilmiş ve Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 2: Bilişim Suçları ve Siber Suçlar Anahtar Kelimesi ve Kelime Bulutu



Şekil 3: Hesabım/Şifrem Çalındı Anahtar Kelimesi ve Kelime Bulutu



Şekil 4: İnternet Dolandırıcılığı Anahtar Kelimesi ve Kelime Bulutu

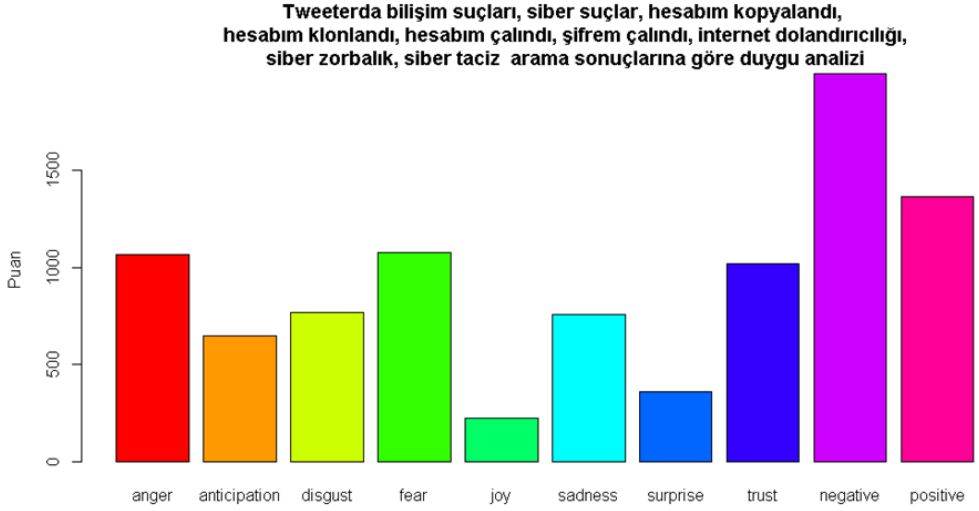


Şekil 5: Siber Taciz/ Zorbalık Anahtar Kelimesi ve Kelime Bulutu

4.3.Duygu Analizleri

Siber suçlara yönelik kullanıcılar tarafından gönderilen 1567 adet Türkçe dilindeki tweete R Studio paket programı ***syuzhet*** ile duygu analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen grafikler duygu durumları ile birlikte gösterilmiştir.

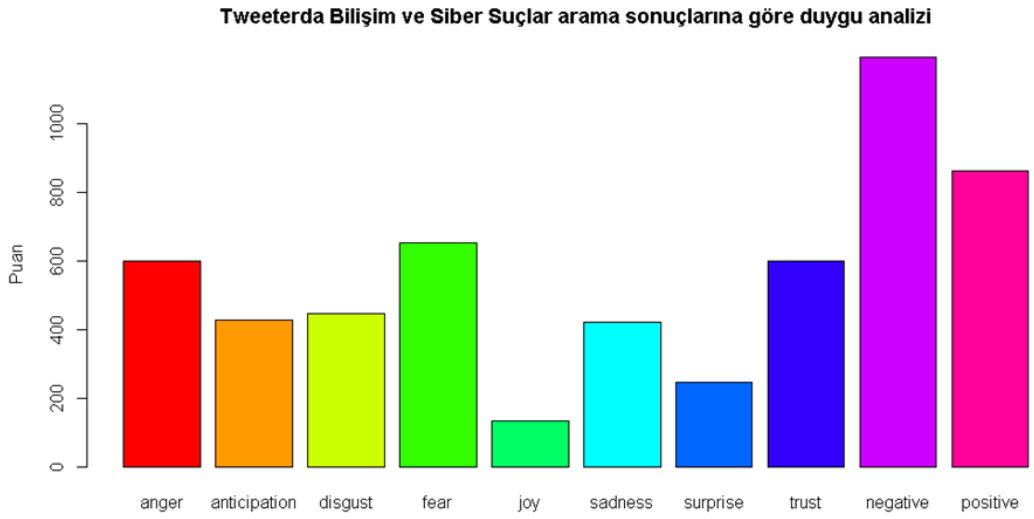
4.3.1.Siber Suçlar Bağlamında Genel Duygu Analizi



anger	anticipation	disgust	fear	joy	sadness	surprise	trust	negative	positive
1067	650	766	1077	225	757	358	1017	1997	1363

Grafik 3: Siber Suçlara İlişkin Duygu Analizi Sonuçları

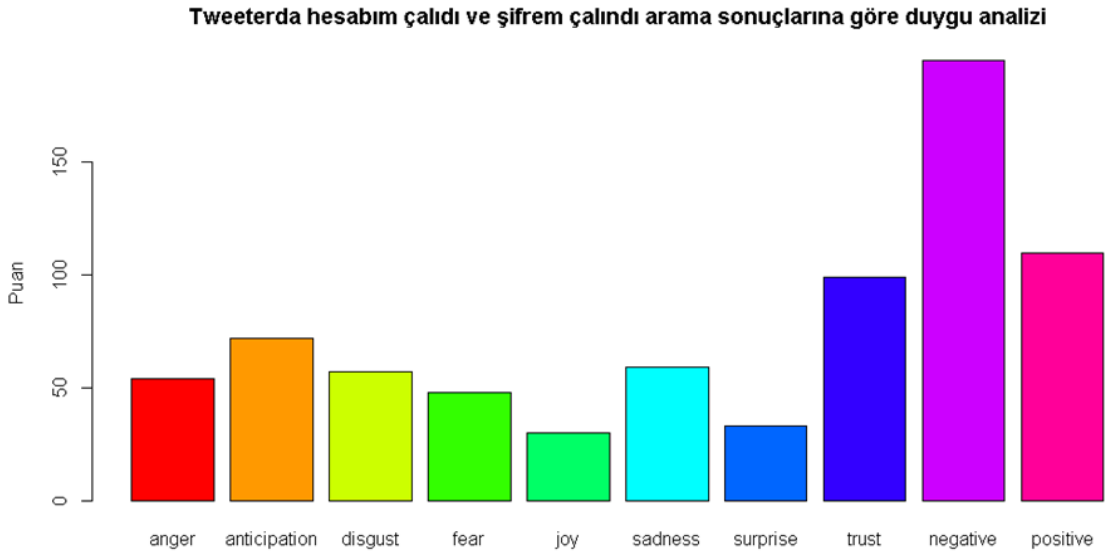
4.3.2.Bilişim Suçları ve Siber Suçlar Anahtar Kelimesi Bağlamında Duygu Analizi



anger	anticipation	disgust	fear	joy	sadness	surprise	trust	negative	positive
600	428	446	652	134	420	245	598	1192	862

Grafik 4: Bilişim Suçları ve Siber Suçlara İlişkin Duygu Analizi Sonuçları

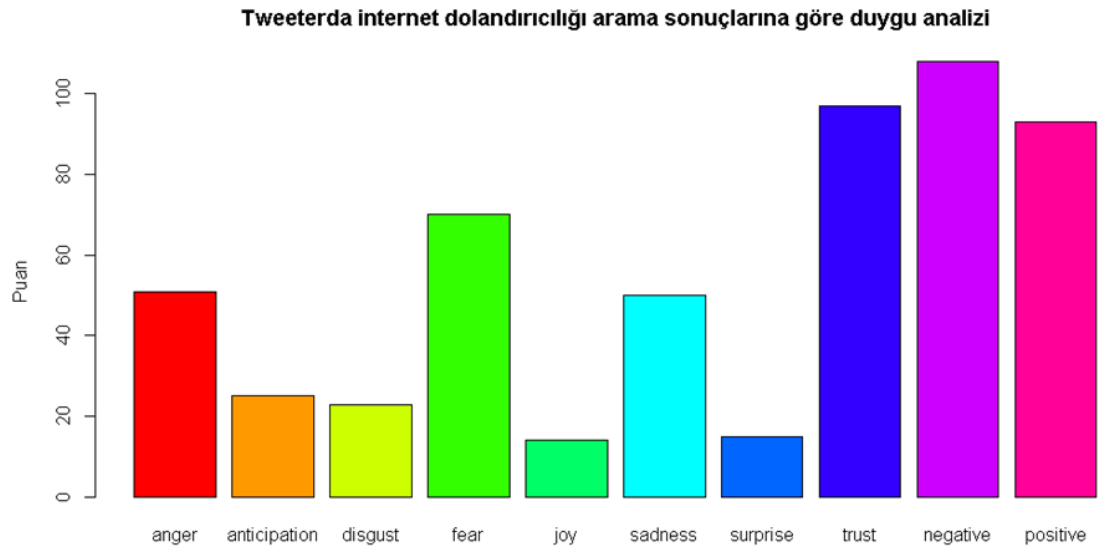
4.3.3.Hesabım/Şifrem Çalındı Anahtar Kelimesi Bağlamında Duygu Analizi



anger	anticipation	disgust	fear	joy	sadness	surprise	trust	negative	positive
54	72	57	48	30	59	33	99	195	110

Grafik 5: Bilişim Suçları ve Siber Suçlara İlişkin Duygu Analizi Sonuçları

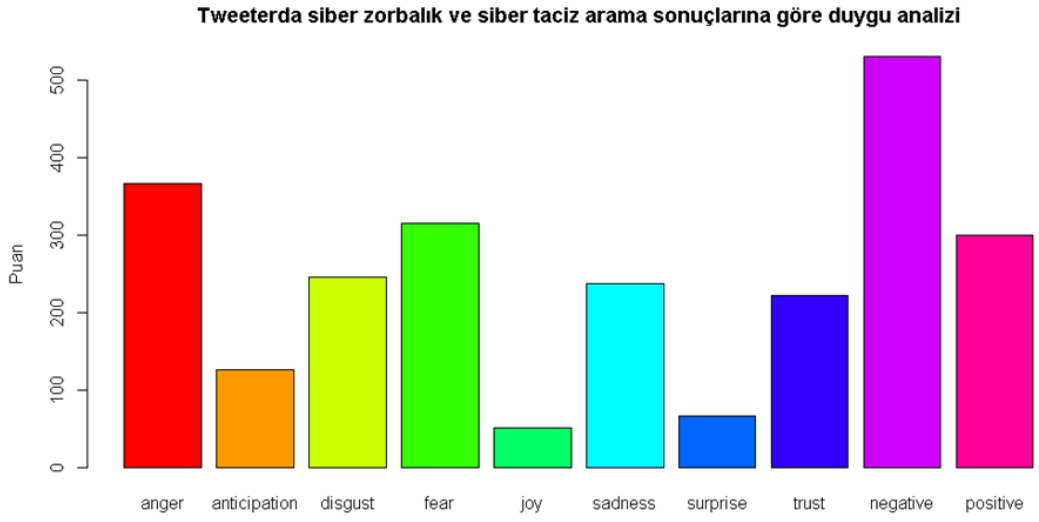
4.3.4.İnternet Dolandırıcılığı Anahtar Kelimesi Bağlamında Duygu Analizi



Grafik 6: Bilişim Suçları ve Siber Suçlara İlişkin Duygu Analizi Sonuçları

anger	anticipation	disgust	fear	joy	sadness	surprise	trust	negative	positive
51	25	23	70	14	50	15	97	108	93

4.3.5.Siber Taciz/Siber Zorbalık Anahtar Kelimesi Bağlamında Duygu Analizi



anger	anticipation	disgust	fear	joy	sadness	surprise	trust	negative	positive
367	126	245	315	51	237	66	222	530	300

Grafik 7: Bilişim Suçları ve Siber Suçlara İlişkin Duygu Analizi Sonuçları

Sonuç

Siber güvenlik konusu, günlük hayatta kişilere, kurumlara ve işletmelere birçok fayda sağlamakla birlikte, birçok güvenlik riskine de sahiptir. Bu risklerin en önemlileri bir bilgi sistemi üzerinde saklanan veya bir bilgi sisteminden aktarılan bilgilere yetkisiz erişim, bunların manipüle edilmesi veya bütünlüğünün, kullanılabilirliğinin veya gizliliğinin bozulmasına ve bir bilgi sisteminde depolanan veya bir bilgi sisteminden aktarılan bilgilerin izinsiz olarak dışarı sızmasına neden olabilecek herhangi bir eylem olarak tanımlanan tehditlerdir. Bu tehditlere detaylı olarak çalışma kapsamında değinilmiştir. Bu çalışmada yaygın suçlar arasında bulunan bazı kavramlar "Bilişim suçları, siber suçlar, siber taciz, siber zorbalık, internet dolandırıcılığı vb" veri madenciliği tekniği kullanılarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda kelime bulutları ve duygu analizleri sunulmuştur. Bu kapsamda öne çıkan "çalındı, hesabım ve zorbalık" kelimelerinden yaygın olarak hesap hırsızlıkları konusundan mağduriyet yaşandığı anlaşılabilmektedir. Yine sosyal mecralar üzerinde çeşitli zorbalık suçlarının yaygın olduğu da kolaylıkla gözlemlenmektedir. İnsanların kızgınlık ve korku duygularıyla birlikte internet kullanımına devam ettikleri sonuçlara göre söylenebilir. Bu kapsamda mağduriyetlerin giderilmesi adına emniyet vb resmi kurumların bilgilendirme faaliyetleri yanında kişilerin de internet üzerinde yaptıkları işler hakkında doğru farkındalıkları kazanmış olması da çok önemlidir.

KAYNAKÇA

Abanoz, E. (2018). Bir terör saldırısı sırasında sosyal medya reaksiyonun duygu analizi. (ed. Zahir Kızmaz), Terör ve uyuşturucu madde şiddeti, Samsun: Samsun Valiliği yayınları, pp. 214-232

Abayomi-Alli, A., Abayomi-Alli, O., Misra, S., & Fernandez-Sanz, L. (2022). Study of the Yahoo-Yahoo Hash-Tag Tweets Using Sentiment Analysis and Opinion Mining Algorithms. Information, 13(3), 152.

Akdemir, N., Sungur, B., & Başaranel, B. (2020). Examining the Challenges of Policing Economic Cybercrime in the UK. Güvenlik Bilimleri Dergisi, (International Security Congress Special Issue), 113-134.

Aldaoud, M., Al-Abri, D., Al Maashri, A., and Kausar, F. (2021). DHCP attacking tools: an analysis. Journal of Computer Virology and Hacking Techniques, 17, 119–129.

Aliusta, C., & Benzer, R. (2018). Avrupa Siber Suçlar Sözleşmesi Ve Türkiye'nin Dahil Olma Süreci. Uluslararası Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi, 4(2), 35-42.

Almansoori, A., Alshamsi, M., Abdallah, S., & Salloum, S. A. (2021, June). Analysis of Cybercrime on Social Media Platforms and Its Challenges. In The International Conference on Artificial Intelligence and Computer Vision (pp. 615-625). Springer, Cham.

Al-Khater, W. A., Al-Maadeed, S., Ahmed, A. A., Sadiq, A. S., & Khan, M. K. (2020). Comprehensive review of cybercrime detection techniques. IEEE Access, 8, 137293-137311.

Al-Rowaily, K., Abulaish, M., Haldar, N. A. H., & Al-Rubaian, M. (2015). BiSAL–A bilingual sentiment analysis lexicon to analyze Dark Web forums for cyber security. Digital Investigation, 14, 53-62.

Anu, P., & Vimala, S. (2017, June). A survey on sniffing attacks on computer networks. In 2017 International Conference on Intelligent Computing and Control (I2C2) (pp. 1-5). IEEE.

Atasever, S., Özçelik, İ., & Sağıroğlu, Ş. (2019). Siber terör ve DDoS. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23(1), 238-244.

Barutçigil, İ. (2002). Bilgi Yönetimi. İstanbul Kariyer Yayıncılık.

Bayraktar, B. (2006). Bilgi Yönetimi. İstanbul: Beta Basın Yayım A.Ş.

Biswas, B., Mukhopadhyay, A., & Gupta, G. (2018, January). Leadership in Action: How Top Hackers Behave: A Big-Data Approach with Text-Mining and Sentiment Analysis. In Proceedings of the 51st Hawaii international conference on system sciences, pp.1752-1761.

Brenner, S. W., & Koops, B. J. (2004). Approaches to cybercrime jurisdiction. Journal of High Technology Law, 4, 1.

Cengiz, G. (2021). Siber suçlar, sosyal medya ve siber etik. İletişim Çalışmaları Dergisi, 7(3), 407-424.

Chayal, M. N. & Patel, N.P. (2020). Review of machine learning and data mining methods to predict different cyberattacks. (eds. Ketan Kotecha, Vincenzo Piuri, Hetalkumar N., Shah Rajan Patel) Data Science and Intelligent Applications. Singapore: Springer, pp-43-52.

Chung, W., Chen, H., Chang, W., & Chou, S. (2006). Fighting cybercrime: a review and the Taiwan experience. Decision Support Systems, 41(3), 669-682.

Clough, J. (2010). Principles of cybercrime. Cambridge: Cambridge University Press.

Council of Europe, (2022). Convention on Cybercrime. Special edition dedicated to the drafters of the Convention (1997-2001), https://rm.coe.int/special-edition-budapest-convention-en-2022/1680a6992e (erişim tarihi: 18.12.2022)

Çetin, H., Gundak, İ., & Çetin, H. H. (2015). E-işletme güvenliği ve siber saldırılar üzerine bir araştırma. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(2), 223-240.

Das, S., & Nayak, T. (2013). Impact of cybercrime: Issues and challenges. International journal of engineering sciences & Emerging technologies, 6(2), 142-153.

Duan, H., Weaver, N., Zhao, Z., Hu, M., Liang, J., Jiang, J., & Paxson, V. (2012, March). Hold-on: Protecting against on-path DNS poisoning. In Proc. Workshop on Securing and Trusting Internet Names, SATIN.

Elleithy, K. M., Blagovic, D., Cheng, W. K., & Sideleau, P. (2005). Denial of service attack techniques: analysis, implementation and comparison. Journal of Systemics, Cybernetics, and Informatics, 3(1), 66-71.

Elyashar, A., Uziel, S., Paradise, A., & Puzis, R. (2020, April). The chameleon attack: manipulating content display in online social media. In Proceedings of The Web Conference 2020, pp. 848-859.

Erdoğan, M., & Öztürk, M. S. (2021). Covid 19 pandemi sürecinde siber suçlar ve hileler, (ed. Yüksel Akay Unvan), Bankacılık ve finans çalışmaları, Lyon: Livre de Lyon, pp. 76-91.

Gordon, S. And Ford, R. (2006). On the definition and classification of cybercrime. Journal of Computer Virology and Hacking Techniques, 2, 13-20.

Grabosky, P. (2004). The global dimension of cybercrime. Global Crime, 6(1), 146-157.

Gupta, A., Matta, P., & Pant, B. (2022, November). A comparative study of different sentiment analysis classifiers for cybercrime detection on social media platforms. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2481, No. 1, p. 060005). AIP Publishing LLC.

Halfond, W. G., Viegas, J., & Orso, A. (2006). A classification of SQL-injection attacks and countermeasures. Proceedings of the IEEE international symposium on secure software engineering, 1, 13-15.

Harris, B., & Hunt, R. (1999). TCP/IP security threats and attack methods. Computer Communications, 22(10), 885-897.

Hassanien, A. E., Haqiq, A., Tonellato, P. J., Bellatreche, L., Goundar, S., Azar, A. T., … Bouzidi, D. (Eds.). (2021). Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Computer Vision (AICV2021). Advances in Intelligent Systems and Computing.

Hekim, H., & Başıbüyük, O. (2013). Siber suçlar ve Türkiye'nin siber güvenlik politikaları. Uluslararası Güvenlik ve Terörizm Dergisi, 4(2), 135-158.

Kostopoulos, G. (2017). Cyberspace and cybersecurity. New York: Auerbach Publications

Kremling, J. and Sharp Parker, A. M. (2018). Cyberspace, cybersecurity, cybercrime. California: Sage Publications.

Kuban Torun, N., & Torun, T. Kötü amaçlı yazılımların e-ticaret içerisinde siber güvenlik açısından incelenmesi. Sakarya İktisat Dergisi, 11(1), 1-16.

Kulshrestha, A., & Dubey, S. K. (2014). A literature reviewon sniffing attacks in computernetwork. International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS), 1(2), 32-37.

Küçükvardar, M. (2018). Suç olgusunun değişen yüzü: Siber suçlar. International Journal of Information, Technology and Philosophy, 1(2), 1-18.

Külcü, Ö. (2018). Bilgi kuramı ve bilgi yönetimi: Kuramsal bilginin oluşumu ve toplumsal bilgiye dönüşümü. İstanbul: Hiper Yayın.

Leukfeldt, E. R. (2014). Cybercrime and social ties. Trends in organized crime, 17(4), 231-249.

Martin, N. and Rice, J. (2011). Cybercrime: understanding and addressing the concerns of stakeholders. Computers & Security, 30, 803-814.

Miynat, M., & Duramaz, S. (2013). Karapara aklama aracı olarak yeni bir mali suç: siber-aklama. Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 20(1), 315-325.

Murat, Ö. N. O. K. (2013). Avrupa Konseyi siber suç sözleşmesi ışığında siber suçlarla mücadelede uluslararası işbirliği. Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Hukuk Araştırmaları Dergisi, 19(2), 1229-1270.

Nachreiner, C. (2003). Anatomy of an ARP poisoning attack. Retrieved July, 4, 2005.

Nam, S. Y., Kim, D., & Kim, J. (2010). Enhanced ARP: preventing ARP poisoning-based man-in-the-middle attacks. IEEE communications letters, 14(2), 187-189.

Padallan, J.O. (2019). Cyber Security. Oakville: Arcler Press.

Patel, P., Kannoorpatti, K., Shanmugam, B., Azam, S., & Yeo, K. C. (2017, January). A theoretical review of social media usage by cyber-criminals. In 2017 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI) (pp. 1-6). IEEE.

Phillips, K., Davidson, J. C., Farr, R. R., Burkhardt, C., Caneppele, S., & Aiken, M. P. (2022). Conceptualizing cybercrime: definitions, typologies and taxonomies. Forensic Sciences, 2(2), 379-398.

Qamar, A., Karim, A., & Chang, V. (2019). Mobile malware attacks: Review, taxonomy & future directions. Future Generation Computer Systems, 97, 887-909.

Rawat, R., Mahor, V., Chirgaiya, S., Shaw, R. N., & Ghosh, A. (2021). Sentiment analysis at online social network for cyber-malicious post reviews using machine learning techniques. In Computationally intelligent systems and their applications (pp. 113-130). Springer, Singapore.

Sabillon, R., Cano, J. J., Cavaller Reyes, V., & Serra Ruiz, J. (2016). Cybercrime and cybercriminals: A comprehensive study. International Journal of Computer Networks and Communications Security, 2016, 4 (6), 165-176.

Salahdine, F., & Kaabouch, N. (2019). Social engineering attacks: A survey. Future Internet, 11(4), 89-106.

Sandilaç, N. (2022). Siber suç, siber terör ve siber savaş üçgeninde siber dünya. Bilişim Hukuku Dergisi, 4(1), 81-140.

Shah, P.V. & Swaminarayan, P. (2020). Sentiment analysis—an evaluation of the sentiment of the people: A survey, (eds. Ketan Kotecha, Vincenzo Piuri, Hetalkumar N., Shah Rajan Patel) Data Science and Intelligent Applications. Singapore: Springer, pp-53-62.

SİBERAY, (2022). Siber Suçlar, https://www.siberay.com/siber-suclar, (erişim tarihi:18.12.2022).

SoftwareTestingHelp, (2022). 10 best packet sniffer tools in 2022 (Network Sniffer Tools), https://www.softwaretestinghelp.com/network-packet-sniffers/ (erişim tarihi: 05.12.2022).

Soomro, T. R., & Hussain, M. (2019). Social Media-Related Cybercrimes and Techniques for Their Prevention. Appl. Comput. Syst., 24(1), 9-17.

Stanciu, V., & Tinca, A. (2017). Exploring cybercrime–realities and challenges. Accounting and Management Information Systems, 16(4), 610-632.

Sürer, M. (2014). Siber Suçlar Üzerine Bir Araştırma Afyonkarahisar Örneği, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, yayımlanmaış Yüksek Lisans Tezi, Afyon.

The Comprehensive R Archive Network, (2022). https://cran.r-project.org/.

Tsakalidis, G., & Vergidis, K. (2017). A systematic approach toward description and classification of cybercrime incidents. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 49(4), 710-729.

Türk Ceza Kanunu (TCK), https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5237.pdf (erişim tarihi: 18.12.2022).

Wall, D.S. Introduction: Cybercrime and the internet. In Crime and the internet; Wall, D.S., Ed.; Routledge: New York, NY, USA, 2001; pp. 1–17.

Wall, D. S. (2008). Cybercrime, media and insecurity: The shaping of public perceptions of cybercrime. International Review of Law, Computers & Technology, 22(1-2), 45-63.

Wall, D. S., & Williams, M. L. (2013). Policing cybercrime: networked and social media technologies and the challenges for policing. Policing and Society, 23(4), 409-412.

Van Hee, C., Jacobs, G., Emmery, Desmet, B., Lefever, B., Verhoeven, B., De Pauw, G., Daelemans,G. and Hoste, V. (2018). Automatic detection of cyberbullying in social media text. PLoS ONE, 13(10), 1-22.

Von Solms, R., & Van Niekerk, J. (2013). From information security to cyber security. Computers & Security, 38, 97-102.

Yeboah-Ofori, A., & Brimicombe, A. (2018). Cyber intelligence and OSINT: developing mitigation techniques against cybercrime threats on social media. International Journal of Cyber-Security and Digital Forensics (IJCSDF), 7(1), 87-98.

Yeniçeri, Ö. Ve İnce, M. (2005).Bilgi Yönetim Stratejileri ve Girişimcilik. İstanbul: Kültür Sanat Yayıncılık.

İnsan Tibia Kemiğinde Ortaya Çıkacak Mekanik Davranışların Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Analizi

Lokman YÜNLÜ[1]
Mehmet GÖKBAYRAK[2]

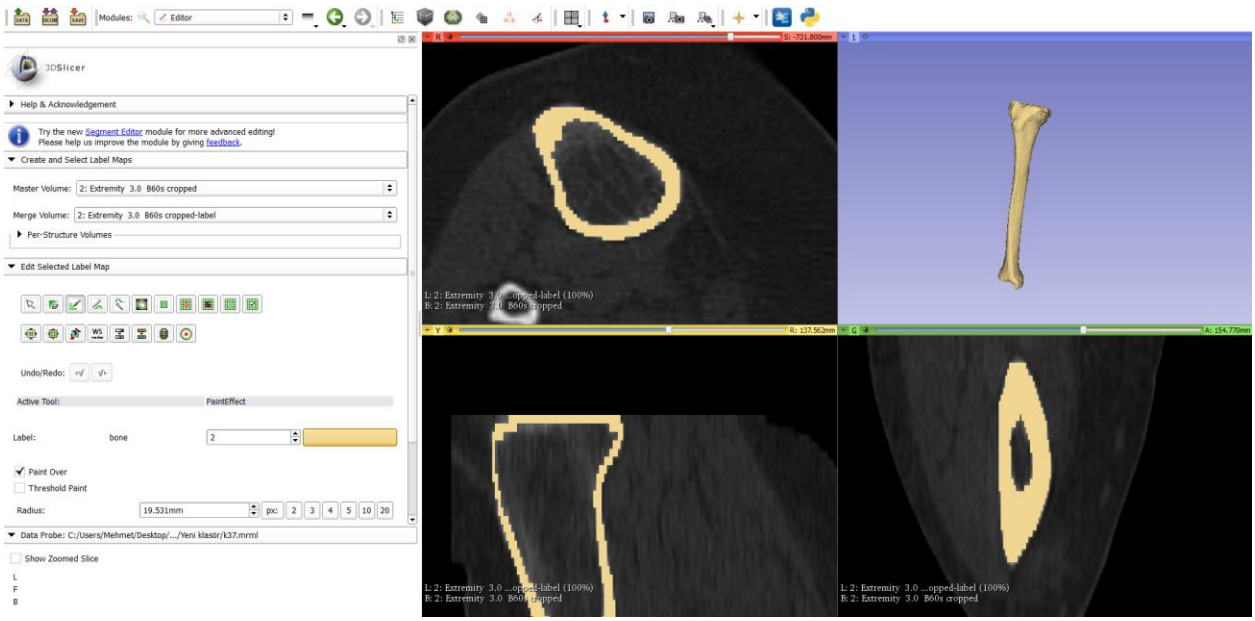
Giriş

Kemik, vücudumuzdaki dokular arasında en sert olan ve birçok fizyoloji ve mekanik işlevi olan bir yapıdır. Kemiğin en önemli görevi iskelet sisteminin hareketi ve vücudumuzdaki organların korunabilmesi için gerekli sert dokuyu sağlamaktır. Bununla birlikte vücudun hareket işlevini sağlamak, kan hücrelerini oluşturmak ve bu hücrelerin kana verilmesini sağlamak gibi hayati görevleri de vardır. Tibia kemiği bacağın alt kısmında iç ve ön tarafta olan bir kemiktir. Tibia iskelet sisteminin en geniş ve en uzun ikinci kemiğidir. Tibia kemiği; insanın dengede durması ve yürüyebilmesi gibi birçok rutin fonksiyonun hayata geçirilmesinde önemli bir yere sahiptir, Bu çalışmada; biyomekanikte sonlu elemanlar metodunun kullanılmasıyla, model hazırlamanın aşamaları ve oluşturulan modelin statik analizinin yapılması hedeflenmiş olup, özellikle insanın Tibia kemiğinin günlük yaşamda karşılaşabileceği mekanik etkenler dikkate alınmıştır. İlk olarak bir kişinin Tibia görüntüsünü alabilmek için bilgisayarlı tomografisi elde edilmiş, alınan görüntüler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bu görüntüler üç boyutlu katı hale getirilerek modellenmiştir. Modelin hazırlanma aşamaları detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Oluşturulan model sonlu elemanlar metodu ile üç boyutlu incelenmek için bir sonlu elemanlar analiz yazılımı olan ANSYS program ortamına aktarılmış ve analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz esnasında kullanılan sınır şartları ve malzeme özellikleri verilmiş olup buna bağlı olarak bir insandaki Tibia kemiğinin günlük fiziksel hareketler ve zorlamalar altında maruz kaldığı mekanik deformasyonların tanımlanması yapılarak dış yükler altındaki davranışının olası sonuçları analiz edilmiştir.

BT Görüntüsünün İşlenmesi

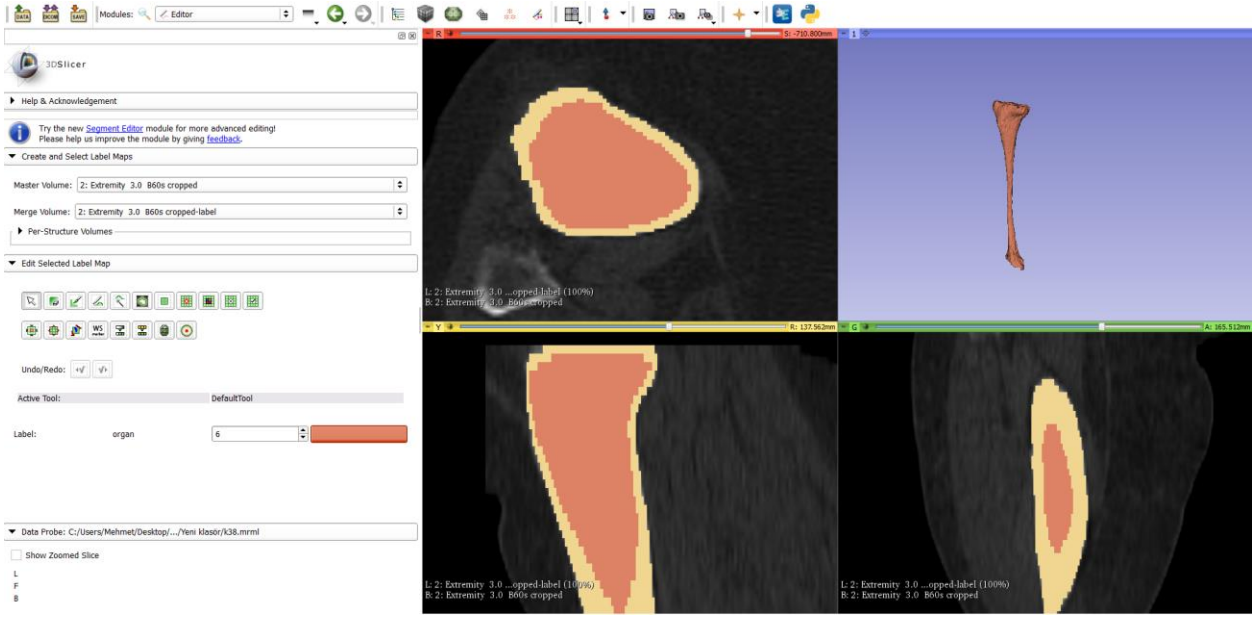
Hastanın BT(bilgisayarlı tomografi) görüntüsü DICOM formatında alınıp 3D SLICER programında, oluşturulması gereken kemik modeli yapılmıştır. Modelleme yapılırken elde edilmek istenen kemik dokusu HU (Hounsfield Ünitesi) değeri belirlenerek görüntüdeki diğer doku parametrelerini elememizi sağlar. Kemik için belirlenen HU değeri 450-1920 değere kullanılmıştır. Ardından yüzeydeki kusurları (boşlukları ve pürüzlülükleri) giderilmesi için işlemler yapılmıştır.

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
[2] YL. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. ABD.



Şekil 3. 3D Slicer kortiklal kemik modeli

3 düzlemde görüntüler incelenerek tüm kusurlar düzeltilmeye çalışılıp kortikal kemik modeli elde edilmeye çalışılmıştır (Şekil 1). Elde edilen kortikal kemik .stl formatında kaydedilmiş ve trabeküler kemik oluşturulmak için kortikal kemiğin içi doldurularak trabeküler kemik oluşturulmuştur (Şekil 2) aynı şekilde trabeküler kemik modeli de ".stl" formatında kaydedilmiştir.



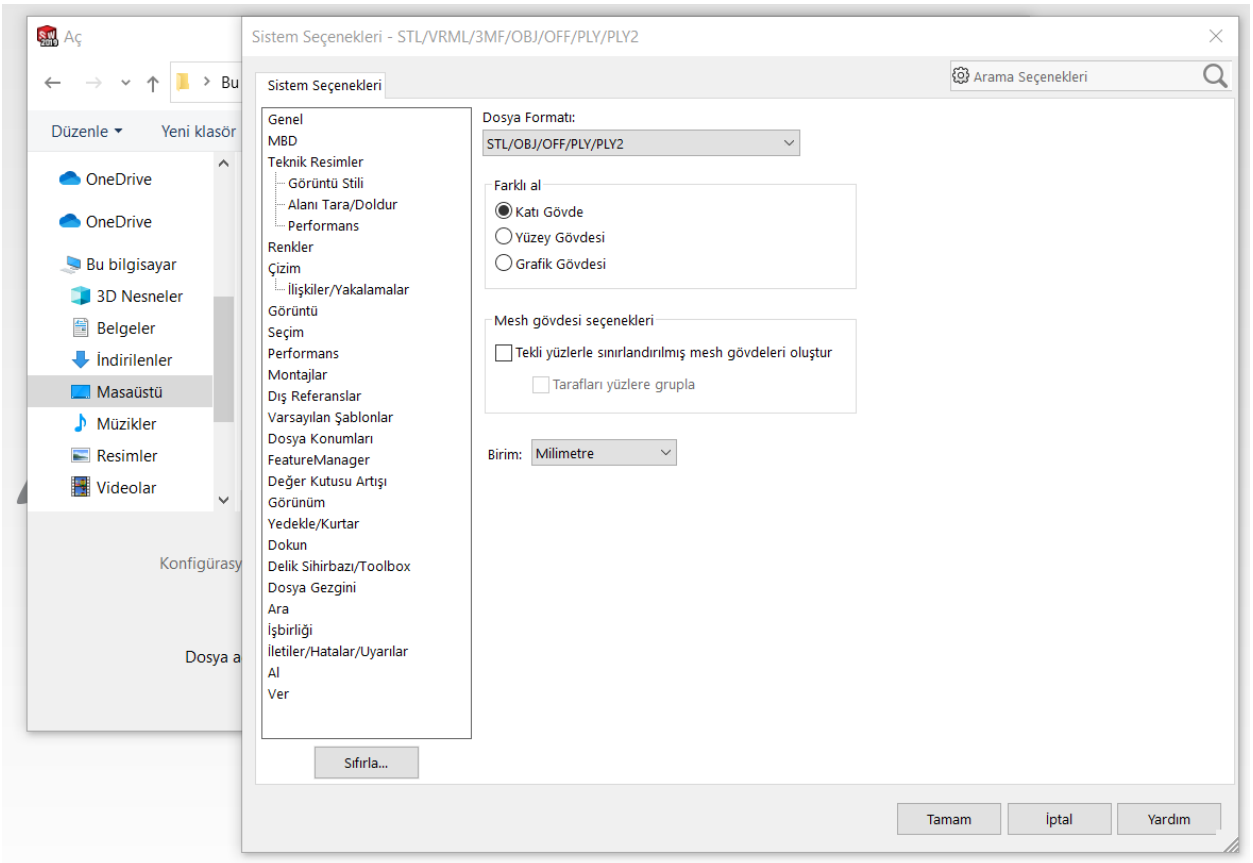
Şekil 4. 3D Slicer Trabeküler kemik modeli

Kortikal kemik modeli yüzeyindeki pürüzlülüğü dahada giderebilmek için kaydedilen .stl formatındaki görüntü Autodesk Meshmixer yardımı ile yüzeyindeki pürüzler dahada giderilmiştir.



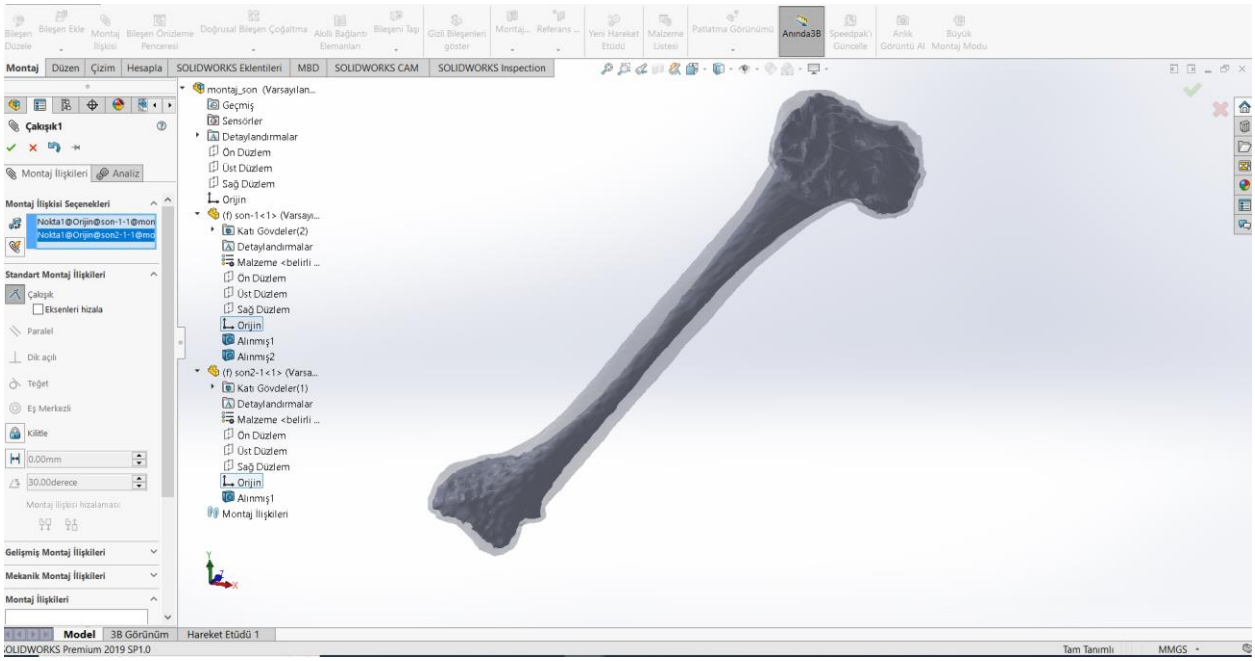
Şekil 5. Autodesk Meshmixer yüzey pürüzü giderme işlemi

Autodesk Meshmixer yardımı ile yüzey pürüzlülüğü giderilen görüntü (Şekil 3) tekrar .stl formatında kaydedilerek katı model oluşumu için Solidworks programına aktarılır.



Şekil 6. stl dosyasını üç boyutlu katı modele dönüştürme

Her iki kemik parçası içinde .stl den katı modele dönüştürmek için Solidworks yardımıyla açılan parçalar farklı al yardımıyla (Şekil 4) katı gövdeye dönüştürülür. Katı gövdeler montaj yapılarak birleştirilir.

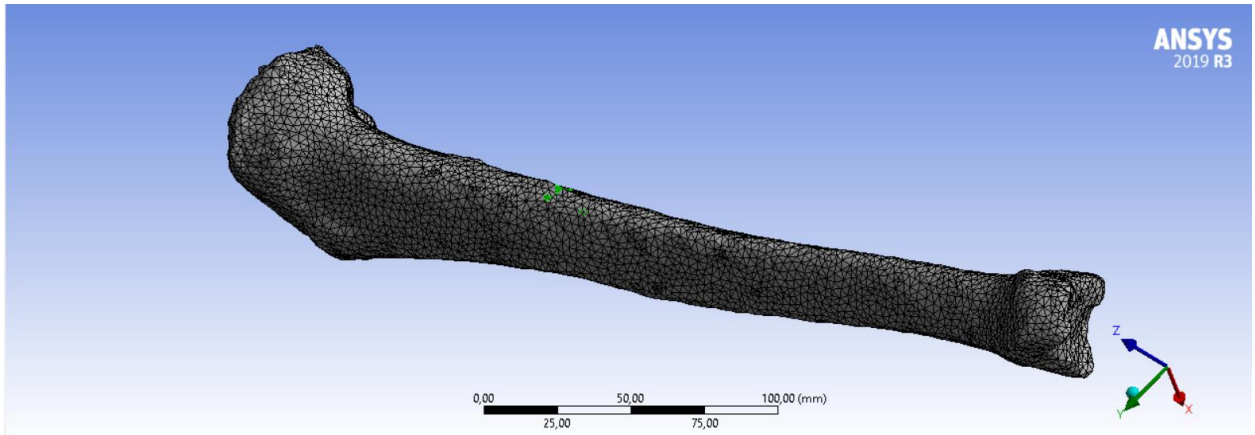


Şekil 7. Montaj ilişkisinin verilmesi

Montaj ilişkisi olarak iki parçanın orjin noktaları çakışık olarak verilip istenilen montaj ilişkisi (Şekil 5) oluşturulmuştur. Oluşturulan montaj sonlu elemanlar analizi yapılmak üzere ANSYS'e aktaılmak için .x_t (Parasolid) olarak kaydedilmiştir.

Sonlu Elemanlar Analizi

Elde edilen üç boyutlu görüntü katı hale getirildikten sonra sonlu elemanlar analizi yapılmak için Ansys programı kullanılmıştır



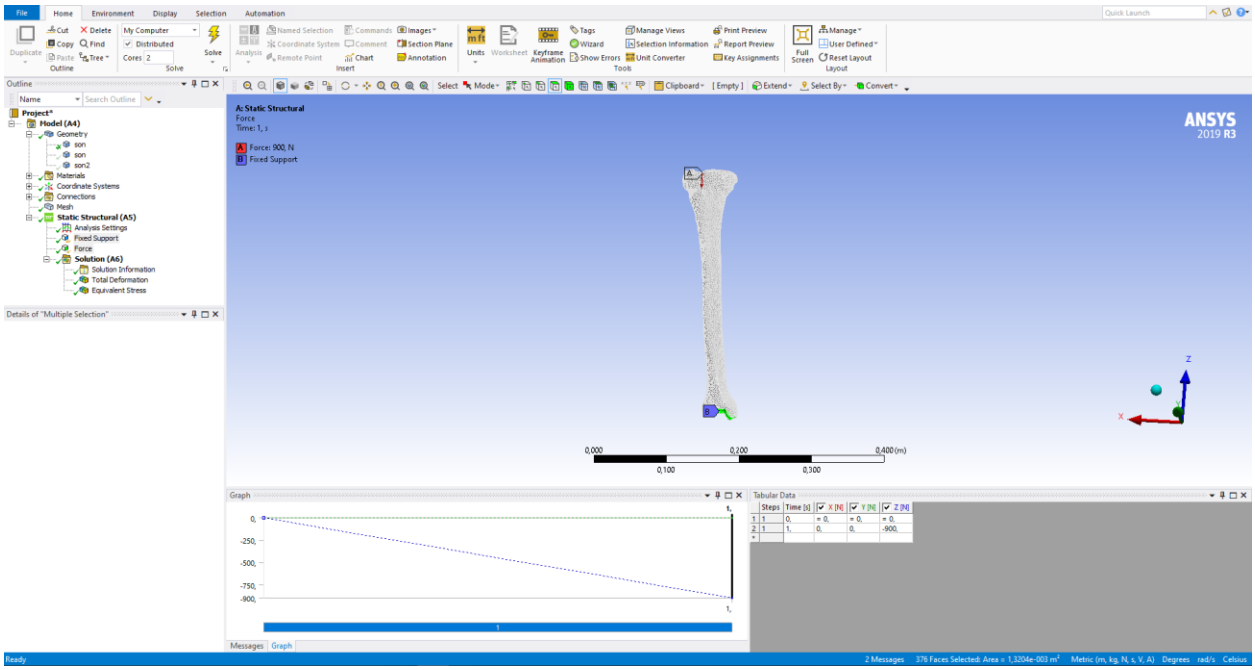
Şekil 8. Mesh görüntüsü

Ansys ortamına aktarılan montajı yapılmış parça mesh yapıldıktan sonra oluşan mesh görüntü (Şekil 6).

Tablo 1. Tibia İçin Mekanik Özellikler

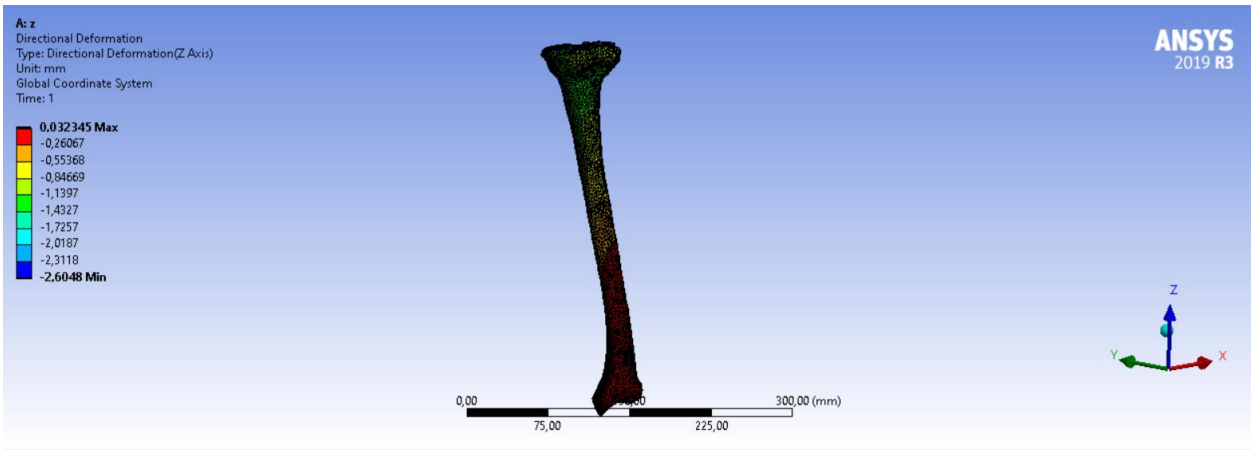
	Elastiste Modülü (MPa)	**Poisson Oranı** (ν)
Kortikal Kemik	17200	0.3
Trabeküler Kemik	90	0.3

Ansys programında tibia kemiği için (Tablo 1) verilen mekanik özellikler kaydedilmiş ve malzeme özelliklerine eklenmiştir. Ortalama bir insanın 90 kg olduğu varsayılarak F=m*a denklemi kullanılarak F yaklaşık olarak 900N olarak alınmıştır insanın yürüyüş esnasında kısa sürede olsa tek ayak üzerinde kaldığını düşünürsek 900N kuvvete maruz kaldığı düşünülebilir. Bu sınır şartını üç eksende de uygulayabiliriz. Bu sınır şartlarına göre;

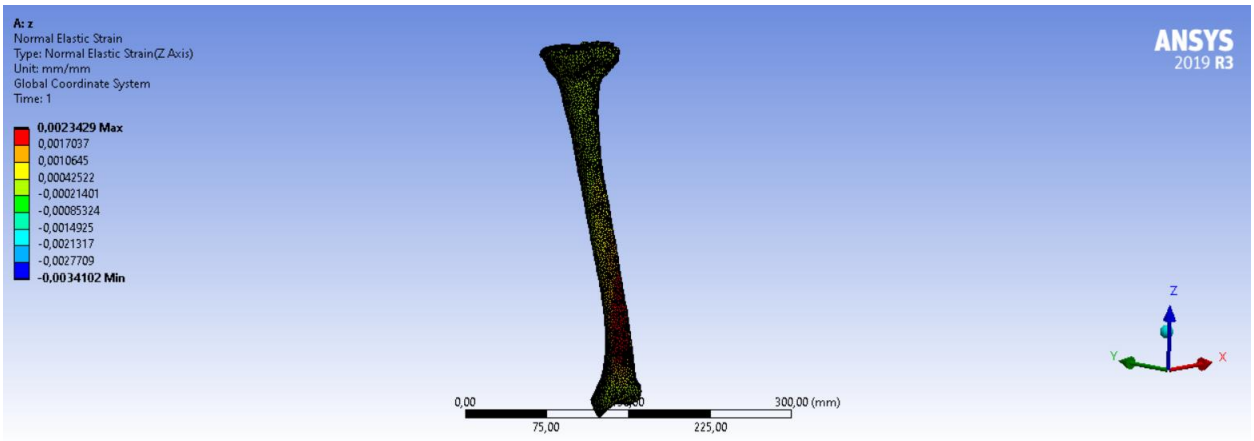


Şekil 9. Z yönündeki sınır şartları

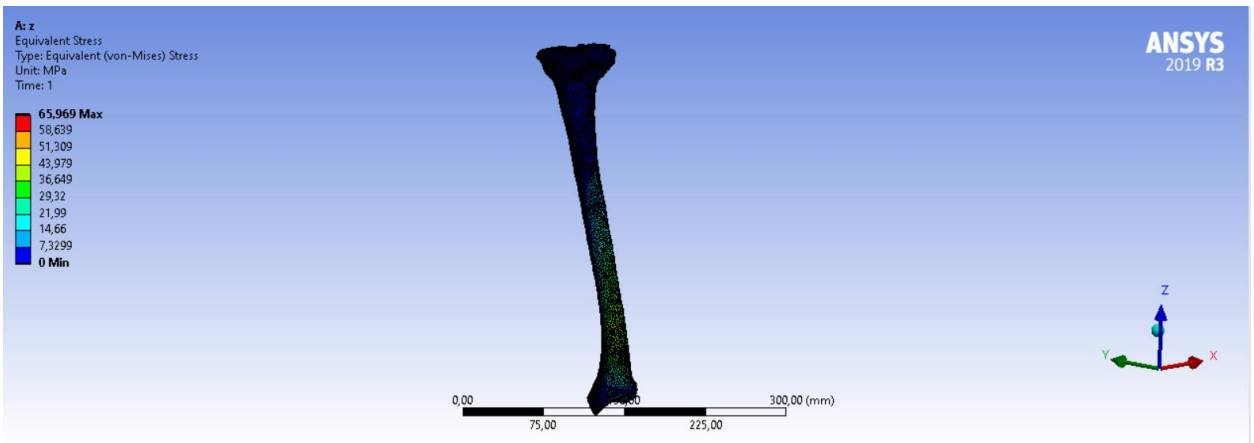
Tibianın alt kısmına Fixed Support üst kısmına ise -z yönünde 900N kuvvetinde Force uygulanmıştır (Şekil 7). Bunun sonucunda;



Şekil 10. z yönündeki deformasyon

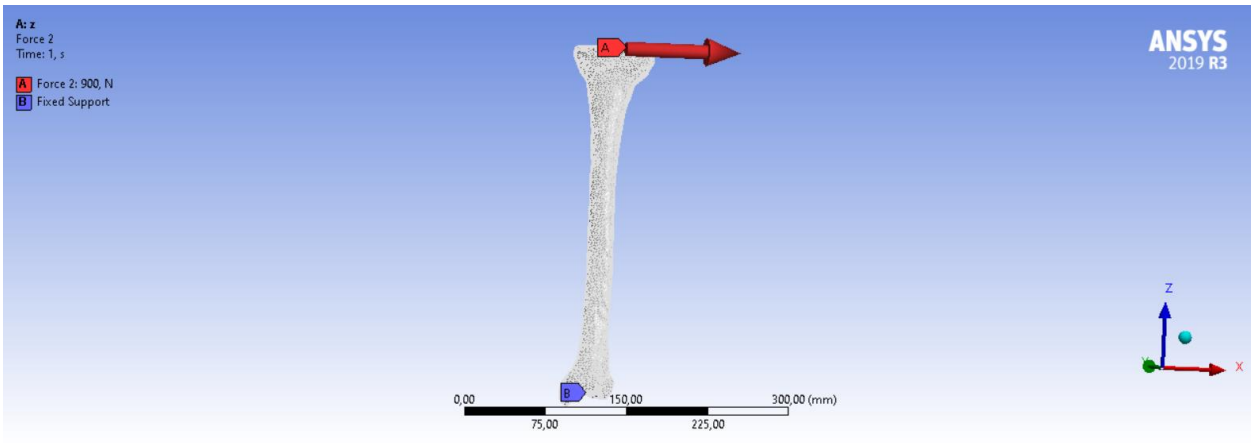


Şekil 11. Toplam elastik gerilme



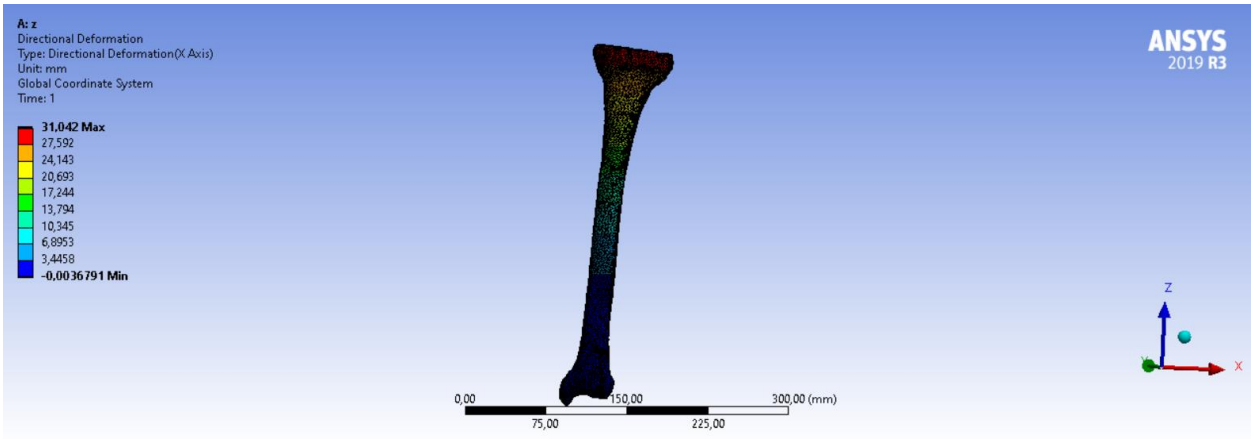
Şekil 12. Von - Mises gerilmesi

z yönünde 900N kuvvet etkisinde ortaya çıkan sonuçlar (Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10) gösterilmiştir.

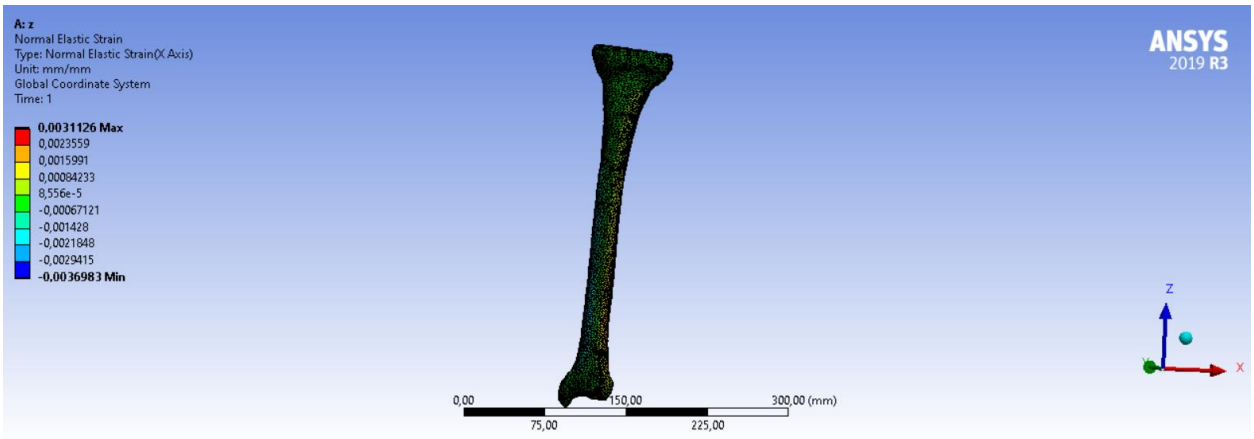


Şekil 13. x yönündeki sınır şartları

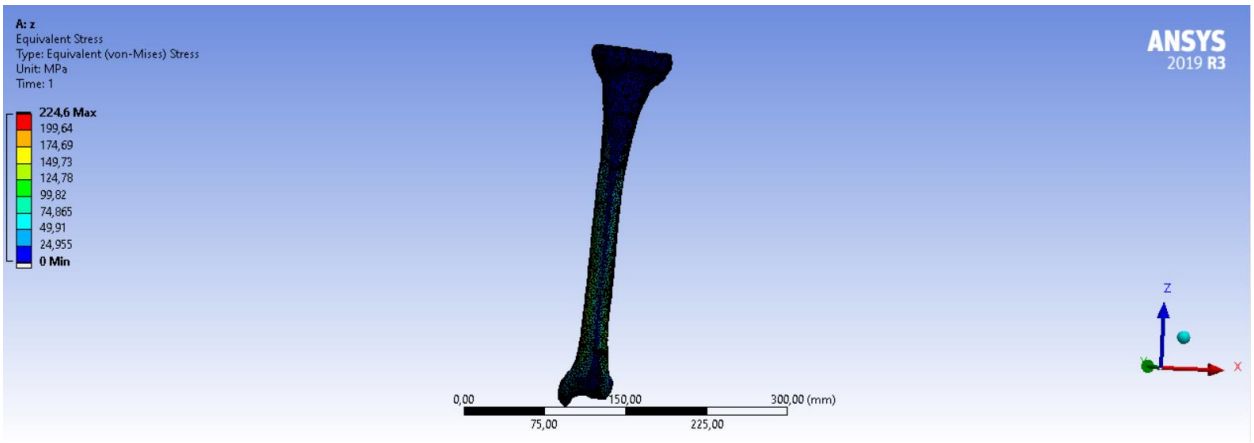
Tibianın alt kısmına Fixed Support üst kısmına ise x yönünde 900N kuvvetinde Force uygulanmıştır (Şekil 11). Bunun sonucunda;



Şekil 14. x yönündeki deformasyon

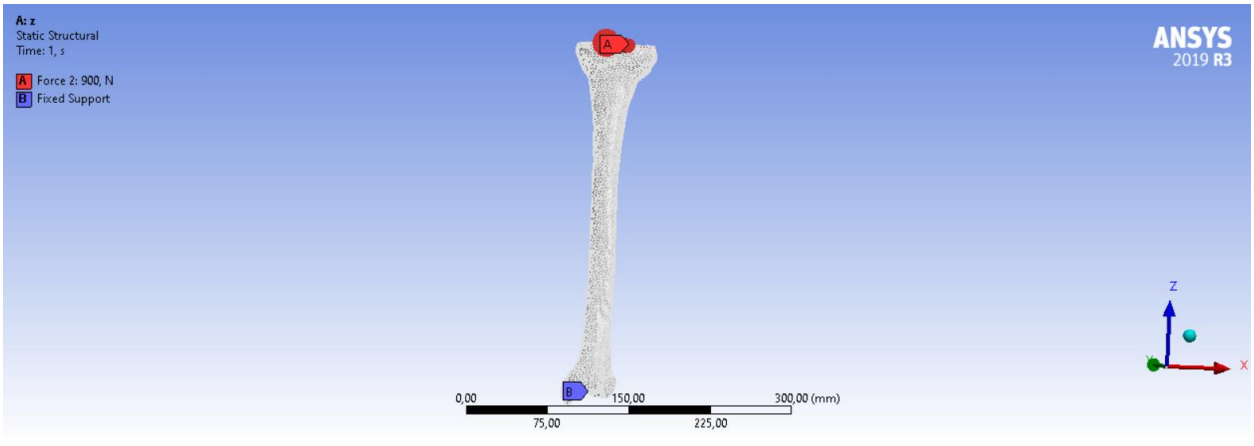


Şekil 15. Toplam elastik gerilme



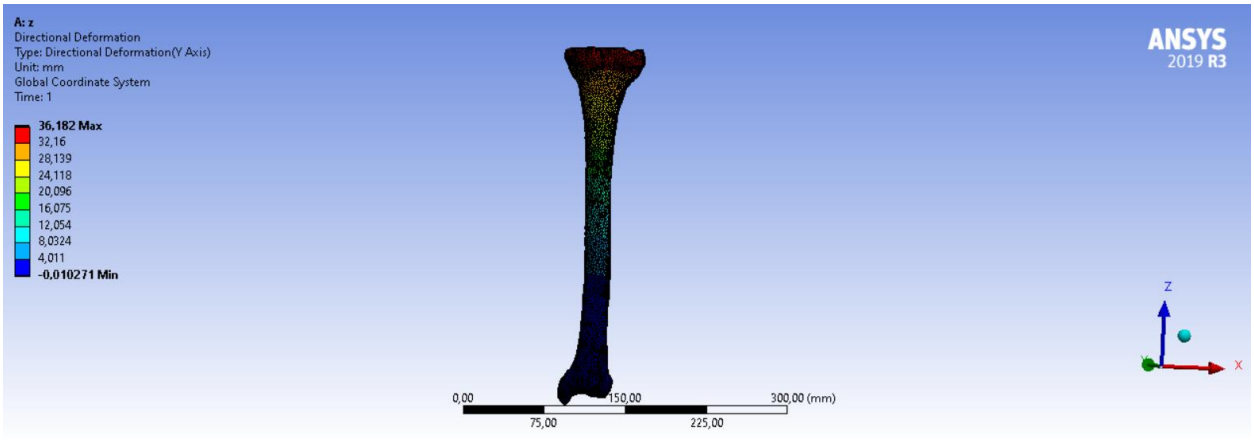
Şekil 16. Von - Mises gerilmesi

x yönündeki 900N kuvvet etkisinde ortaya çıkan sonuçlar (Şekil 12, Şekil 13 ve Şekil 14) gösterilmiştir.

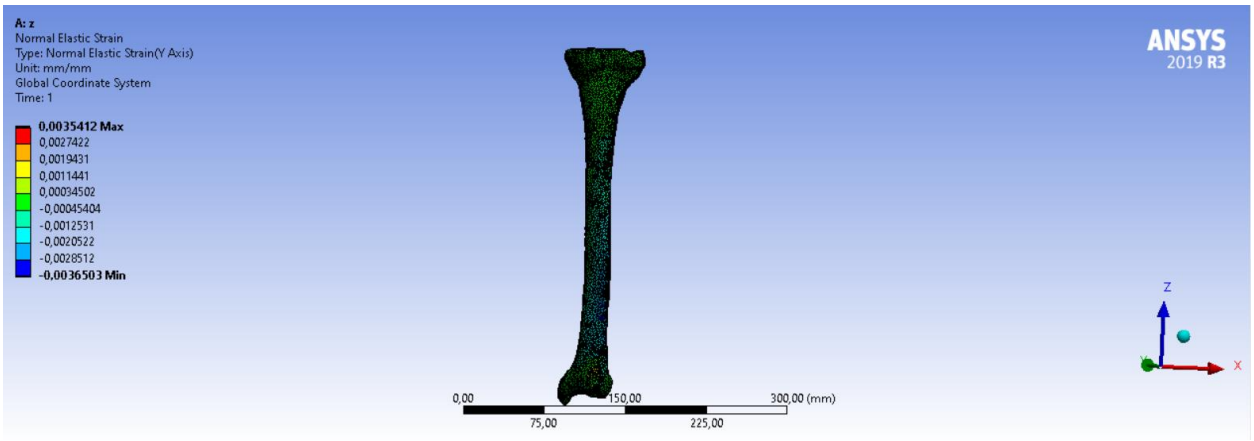


Şekil 17. y yönündeki sınır şartları

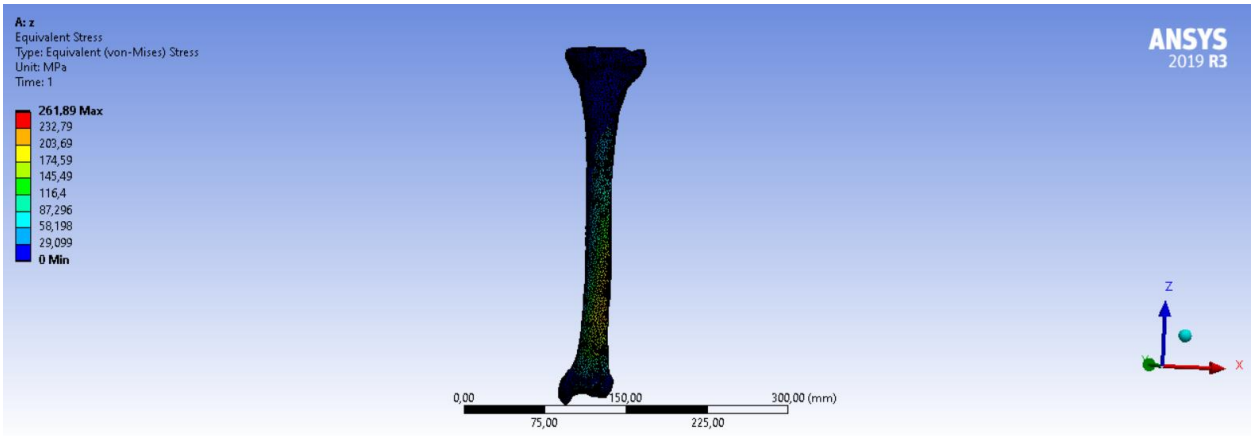
Tibianın alt kısmına Fixed Support üst kısmına ise y yönünde 900N kuvvetinde Force uygulanmıştır (Şekil 11). Bunun sonucunda;



Şekil 18. x yönündeki deformasyon



Şekil 19. Toplam elastik gerilme



Şekil 20. Von - Mises gerilmesi

y yönündeki 900N kuvvet etkisinde ortaya çıkan sonuçlar (Şekil 16, Şekil 17 ve Şekil 18) gösterilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde gerilme değerinin ve deformasyon değerlerinin yüksek olmasının sebebi yüzeyleri ne kadar iyileştirsek bile tamamı ile aynı modeli oluşturma hedefimizi gerçekleştirmek zorlaşır bunun yerine bazı yaklaşımlar yapılabilir gerilme dağılımı izlenirse o kuvvet altındaki tibia modelinin davranışı anlanabilir. Daha iyi bir sonuç elde etmek için gerilmenin en yüksek olduğu nokta Ansys yardımı ile tespit edilerek tekrar model oluşturma aşamasına gidilerek o bölgede tekrar bir düzenleme yapılabilir bu işlem günler hatta haftalarca sürebilir.

KAYNAKÇA

Edwards, W. B., Schnitzer, T. J., & Troy, K. L. (2013). Torsional stiffness and strength of the proximal tibia are better predicted by finite element models than DXA or QCT. *Journal of biomechanics*, *46*(10), 1655-1662. Doi: 10.1016/j.jbiomech.2013.04.016.

Guha, I., Zhang, X., Rajapakse, C. S., Chang, G., & Saha, P. K. (2022). Finite element analysis of trabecular bone microstructure using CT imaging and continuum mechanical modeling. *Medical Physics*. 3886-3899 Doi: 10.1002/mp.15629

İnsal, B., & Pişkin, İ. (2017). Kemik Dokusunun Fizyolojisi. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, *28* (1), 28-32. Doi: doi.org/10.35864/evmd.530089

Mahmoudi, M., Vatankhahan, F., Salehi, M., & Mahbadi, H. (2017, April). Experimental investigation of compressive strength in diaphysis of human Tibia and Fibula bones. In *25th Annual International Conference on Mechanical Engineering. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran*.

Mumtaz, M., Mendoza, J., Vosoughi, A. S., Unger, A. S., & Goel, V. K. (2021). A comparativebiomechanical analysis of various rod configurations following anterior column realignment and pedicle subtraction osteotomy. *Neurospine*, *18*(3), 587. Doi: 10.14245/ns.2142450.225

Tarapoom, W., & Puttapitukporn, T. (2016). Stress distribution in human tibia bones using finite element analysis. *Engineering Journal*, *20*(3), 155-167. Doi: 10.4186/ej.2016.20.3.155

Tarniță, D., Popa, D., Tarniță, D. N., & Grecu, D. (2006). CAD method for three-dimensional model of the tibia bone and study of stresses using the finite element method. *Romanian Journal of Morphology and Embryology*, *47*(2), 181-186.

Veselinovic, M., Vitkovic, N., Stevanovic, D., Trajanovic, M., Arsic, S., Milovanovic, J., & Stojkovic, M. (2011, November). Study on creating human tibia geometrical models. In *2011 E-Health and Bioengineering Conference (EHB)* (pp. 1-4). IEEE.

Wong, C., Mikkelsen, P., Hansen, L. B., Darvann, T., & Gebuhr, P. (2010). Finite element analysis of tibial fractures. *Dan Med Bull*, *57*(5), A4148.

Arslanlı (Seyitömer/Türkiye) Sahası Bitümlü Kayaçlarında Redoksa Duyarlı, Organofilik, Detritik ve Karbonat Minerali Oluşturan Elementlerin Zenginleşmeleri

Ali Sarı[1]
Öncü ARSLAN[2]
Berna YAVUZ PEHLİVANLI[3]

1.GİRİŞ

Bu çalışma Seyitömer (Kütahya) ilçesi sınırları içerinde yer alan Arslanlı sahasındaki bitümlü şeyl ve bitümlü marn numuneleri üzerinde yapılmıştır.Sahada tabanda yaklaşık 10m kalınlığında bir kömür çökelimi mevcut olup, üzerine yaklaşık 20m kalınlığında organik maddece çok zengin olan bir bitüm içeren kayaçlar yer alır. Bu nedenle bölgedeki bitümlü kayaçlar literatüre yanık seri olarak geçmiştir. Ancak, bitümlü kayaçlardaki kendiliğinden yanma yoğun şekilde Arslanlı sahasında görülmekte, Seyitömer bölgesinin diğer sahalarında yaygın olarak gözlenmemektedir. Bitümlü kayaçların mineral bileşimine giren elementler detritik yada otojen kaynaklı olabilmektedir. Detritik kaynaklı elementler yerli kayaçların alterasyonu sonucu akarsular vasıtasıyla karadan çökel havzasına taşınabildiği gibi, volkanik kaynaklı kül ve partiküllller şeklinde de taşınabilirler. Ayrıca, çöl tozlarının bileşiminde rüzgar ve fırtınalar vasıtasıyla da çökel ortamına taşınırlar. Otojen element kaynakları ise suda çözünmüş olarak bulunan karbonat minerali yapıcı elementler ile su kolonunda yaşayan canlıların kavkılarında bulunan kalsiyum ve silisyum gibi elementlerin sedimana geçmesi şeklinde olmaktadır. Bitümlü şeyl yada bitümlü marnların mineral bileşimine giren elementlerin tür ve bollukları çökelme ortamındaki su kolonunun oksik, disoksik, anoksik ve öksinik olması durumlarına göre değişkenlik gösterir. Oksijenli su kolonunda depolanmış kiltaşı, şeyl ve marnların bileşimlerine giren elementler detritik kaynaklı iken, kireçtaşlarının mineral bileşimlerine giren elementler ise karbonat minerali oluşturma eğilimindedir. Bitümlü şeyllerin mineral bileşimlerinde çoğunlukla redoksa duyarlı ve/veya organofilik elementler zenginleşmektedir. Bu elementlerin tür ve bollukları kayacın depolandığı suyun redoks şartlarının belirlenmesinde, aynı zamanda da kayacın ekonomik yönünün aydınlatılmasında önemli rol oynar. Örneğin, bol oksijenli su kolonlarında suda çözünmüş halde Ca, Mg, Sr ve bazen de Mn gibi karbonat minerali yapıcı elementler vardır. Bu elementler karbonatlı minerallerce zengin olan kayaçların bileşimlerine girmektedir. Bu tür kayaçlarında organik madde içeriği çok zayıf olduğundan ekonomik önemleri yoktur. Hâlbuki su kolonunun oksijenlenme şartlarının oldukça sınırlı olduğu anoksik şartlarda, su kolonunda çözünmüş halde bulunan organofilik elementlerin tercihi genellikle organik maddeye absorplanma şeklinde olurken, su kolonunun tamamen sülfidik olduğu öksinik şartlarda iseredoksa duyarlı elementlerin tercihi öncelikle sülfidli bileşikler şeklinde çökelir. Böyle durumlarda bitümlü

[1] Ankara Üni.Müh.Fak.Jeoloji Müh.Böl.,Gölbaşı Yerleşkesi 50.Yıl Kampüsü. Gölbaşı/Ankara
[2] Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Ankara
[3] Yozgat Bozok Üni.Müh.-Mimarlık Fak.Jeoloji Müh.Böl./Yozgat

kayaçların hem organik madde içeriği hem de element zenginleşmesi çok fazla olacağından maden yatağı olarak da değerlendirilebilir. Bitümlü kayaçlar günümüzde yaygın olarak petrol ve gaz kaynak kayası olarak değerlendirilmektedir. Bu amaçla, yüzeyde kazılan kayaçlar öğütülerek retortlama tesislerinde 600^0C ye kadar ısıtılmakta ve bileşimlerindeki katı kerojenin hidrokarbonlarına parçalanması sonucu şeyl petrolü denilen sentetik petrol elde edilmektedir. Retort sonucu açığa çıkan atık şeyl külü element yönünden oldukça zengin olup, zenginleştirme tesislerinde element kazanımı mümkün olmaktadır. Bu tür element kazanımları yakın bir gelecekte ülkemizde kurulacak yüksek teknolojik yatırımlar için bir kaynak olarak değerlendirilebilir. Bu çalışmanın amacı, Arslanlı sahasındaki bitümlü şeyl ve bitümlü marnların bileşimlerine giren elementleri kökensel ilişkilerine göre gruplandırmak, zenginleşmelerini ortaya çıkartmak ve potansiyel kaynak yönlerini ortaya koymaktır.

2.MATRYAL VE METOD

Bu araştırma materyallerini oluşturan Orta-Üst Miyosen yaşlı Seyitömer Formasyonuna ait 13 adet bitüm içeren kayaç örneği yaklaşık 30 cm'lik tabakanın altındaki bozunmamış bölümünden alınmıştır. Seyitömer Formasyonuna ait bitümlü şeyl ve bitümlü marn örneklerinde hem organik hem de inorganik jeokimyasal analizler yapıldı. İncelenen numunelerde yapılan organik jeokimyasal analizler ile elde edilen sonuçlar farklı makalelerde değerlendirildi. Yapılan jeokimyasal analizden önce tüm numuneler havada kurutuldu, öğütüldü ve harmanlandı. Bitümlü kayaçlarda elementel analizleri Yozgat Bozok Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi (ICP-MS) kullanılarak gerçekleştirildi. Özellikle örneklere ait element içerikleri ppm ve ppb düzeyinde ICP-MS tekniği ile elde edilebilmekte ve bu yüzden iz element tayini ve miktarının belirlenmesi için en uygun yöntemdir.

3. STRATİGRAFİ

Seyitömer-Kütahya Havzası'daki çok kalın linyit çökelimi ve sonrasında havzanın derinleşmesi sonucunda üzerinde çökelmiş olan, sahada havanın oksijeni ile kendiliğinden yanan bitümlü şeyller pek çok araştırmacı ve bilim insanının dikkatini çekmiştir. Havzada yapılan pek çok çalışma vardır (Carvounides, 1915; Ziegler, 1936; Sarıyıldız, 1990; Şengüler, 1999 ve Büyük, 2019). Havza adı geçen araştırmacılar tarafından ayrıntılı olarak olarak çalışılmıştır. Şengüler (1999)'e göre kömür havzasındaki çökel istifinin temeli Ayvalı Formasyonu olarak Kratese döneminde serpantin, radyolarit ve kristalize kireçtaşlarından oluşmuştur. Temel kayaçlarıyla uyumsuz olan Ayvalı Formasyonu, konglomera, kumtaşı ve kiltaşından oluş Alt Miyosen Elmacık Formasyonu ise Ayvalı Formasyonu ile uyumludur. Birimlerin üzerine uyumlu olarak yeşil kil üyesi, alt linyit üyesi, bitümlü marn üyesi, üst linyit üyesi ve sarı kil üyesi şeklinde 5 üyeye ayrılmış Orta-Üst Miyosen yaşlı Seyitömer Formasyonu gelir (Şengüler1999). Bu birimi uyumsuz olarak izleyen marn, tüf ardalanmalı silisifiye kireçtaşlarından oluşan Pliyosen yaşlı İshakçılar Formasyonu izler. Bu birimide yine uyumsuzluk ile gevşek tutturulmuş kum, kil ve çakıllardan oluşan Pleyistosen yaşlı Kocayataktepe Formasyonu gelir ve istifin en üst bölümünde ise uyumsuzluk ile önceki birimleri üzerleyen güncel alüvyonlar yer almaktadır (Şekil 1).

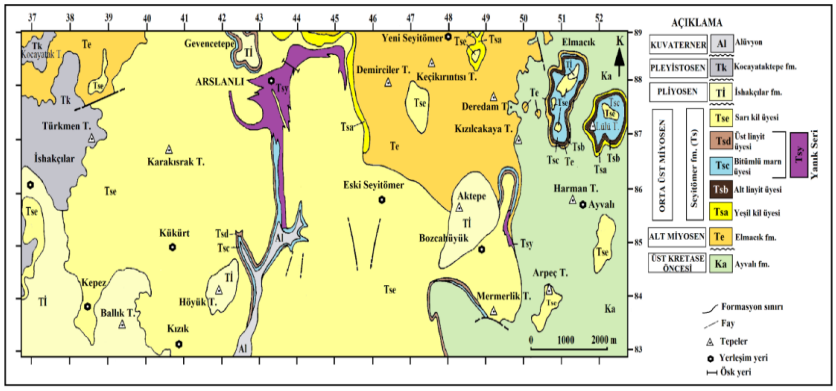
4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

4. 1. Bitümlü Kayaçların Element Zenginleşmeleri

Günümüzdeki havza şartlarının detaylı araştırılması paleosedimanter havzalardaki çökelim koşullarının anlaşılmasıyla mümkün olur. Bu nedenle iz element jeokimyası detaylı olarak değerlendirilir. Bu değerlendirmeler için dünyada starndart olarak kabul edilebilecek bazı ortalama

referans değerler oransal olarak zenginleşme ve tüketilme ilişkisinin değerlendirilmesinde kullanılır. Benzer pek çok çalışmada özellikle ortalama üst kıtasal kabuk veya ortalama şeyle oranla hesapamalar yapılmaktadır (McLennan, 2001; Wedepohl, 1971; Taylor and McLennan, 1985). Bitümlü kayaçlar oluşurken farklı redoks şartlarında farklı element ve minerallerin havzada zenginleşmesine neden olmaktadır

Mesela oksik su ortam şartları kayaçlardaki karbonat mineralleşmelerini desteklerken iz element zenginleşmelerini seyreltici etkiye sahiptir.



Şekil 1. Seyitömer/Kütahya sahasının genel jeoloji haritası (Şengüler 1999 ve Büyük 2019).

Bu durumda farklı miktarlardaki opal ve karbonat içeren kayaçların iz element miktarları doğru şekilde korele edilebilmesi için alüminyum (Al) ile normalize edilmesi gerekmektedir (Calvert and Pedersen, 1993). Al, Ti ve Zr gibi elementler denizel ortamlarda ve düşük sıcaklık şartlrında çözünmeleri zor olduğu için genellikle immobil element gibi davranırlar (Ayers and Watson, 1993, Ziemniak et al., 1993). Bu elementler genellikle sedimanter kaynak kayalardaki oranlara çok yakın değerde çökelir ve birikirler (Hayashi et al., 1997).

Anoksik ortam şartlarında indirgen taban suları genellikle redoksa duyarlı iz element zenginleşmeleri olur Calvert and Pedersen, 1993; Brumsack, 1986). Mo, U, Ni, V gibi elementler genellikle rdoksa duyarlı olan organik maddece zengin kayaçlar içinde absorplanarak/adsoplanarak zenginleşen elementlerdir Calvert and Pedersen, 1993; Brumsack, 1989). Bir elementin zenginleşip zenginleşmediğini tespit etmek için örneğimizin dünya ortalama şeyleri yada benzer boluşuma sahip olabilecek referans değerlere göre orantılayarak elde ederiz (Wedepohl 1991). Bu orantılamada genellikle zenginleşme faktörü (ZF) olarak tanımlanan aşağıdaki formül kullanılır.

$$ZF_{element} = (Element/Al)_{örnek} / (Element/Al)_{ortalama\ şeyl}$$

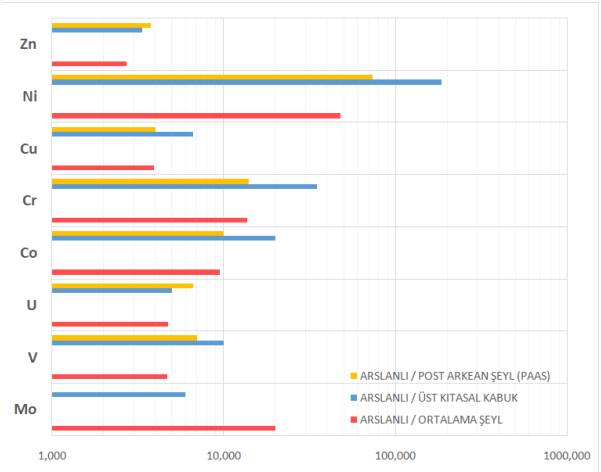
Eğer hesaplamalarda ZF_X değeri 1'den büyük ise o element zenginleşmiştir ve eğer ZF_X değeri 1'den küçük ise o element tüketilmiştir.

İz elementler genellikle deniz suyundan plankton konsantrayonu ile ya da organik fraksiyon üzerine adsorpsiyon ile sinjenetik olarak zenginleşebilir ve daha sonra da sedimanter istifte birikebilirler (Arthur et al., 1990). Silttaşı ve/veya kiltaşı ile karbonatlı kayaçların bileşimine giren elementlerin türleri ve bollukları çökelme ortamındaki su kolonunun oksijenli ve yarı oksijenli olması durumlarına göre değişkenlik gösterir. Bu tür kayaçlardan silttaşı ve/veya kiltaşlarının minerolojik bileşimlerinde detritik elementler zenginken; kireçtaşı ya da marn gibi killi ve karbonatlı kayaçların bileşimlerinde ise karbonat minerali yapıcı elementler zengindir. Organik maddece zengin bitümlü şeyllerin minerolojik bileşimleri ise redoksa duyarlı ve/veya organofilik elementlerce zengin olabilmektedir.Kayaçların element içerikleri su kolonunun redoks koşullarıyla ilişkilidir. Enerjili ve/veya bol oksijenli su kolonlarında suda çözünmüş halde bol miktarda karbonat minerali yapıcı elementler mevcut olup, bunlar genellikle otojen karbonat minerallerini oluştururlar. Karadan

akarsular vasıtasıyla detritik olarak çökel ortamına taşınan elementler ise kil minerallerinin bileşimlerine girerler. Gerek karbonat minerali yapıcı elementlerin gerekse detritik elementlerin depolanma koşullarında su kolonu oksijenli olduğundan organik madde korunmaz. Bu nedenle böyle ortamların kayaçları organik maddece fakirdir. Öte yandan, su kolonunun oksijeninin sınırlandığı şartlarda ise su kolonunda çözünmüş halde bulunan elementler genellikle organik maddeyi tercih eder. Bu tür elementler organik maddeye absorplanarak sapropel çamurlarına taşınırlar. Bu tür elementler organofilik elementler olarak bilinirler. Su kolonun tamamen sülfidik olduğu oksijensiz su kolonlarında ise suda çözünmüş halde bulunan elementlerin öncelikli tercihi metal sülfidler (örn; pirit,FeS_2) ve ikincil olarak da organik madde içinde çökelme şeklindedir.

4.2 Redoksa duyarlı elementler

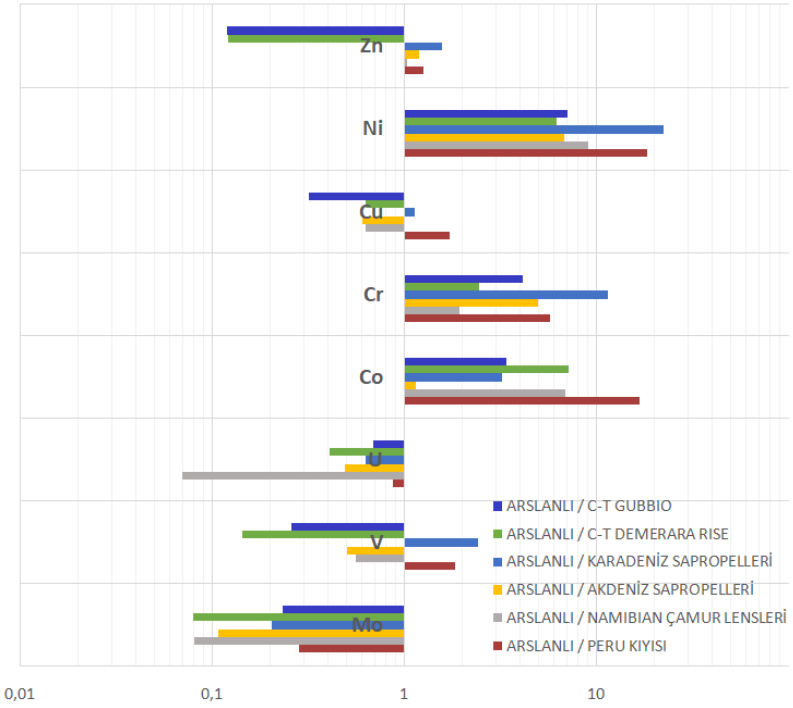
Redoksa duyarlı elementler Zn, Cu, Ni, Cr, Co, U, V ve Mo gibi elementlerden oluşur. Bu grup elementler genellikle su dolaşımının olmadığı veya sınırlı olduğu korunaklı çökelme ortamlarında depolanmış bitümlü kayaçlarda dikkate değer oranda zenginleşirler. Böyle korunaklı ortamlarda tabanda depolanan sapropelce zengin bitümlü kayaçlardaki redoksa duyarlı element zenginleşmeleri fazladır. %TOC ve iz elementler arasındaki korelasyon, birçok yazar tarafından paleoredoks koşullarının bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (Tribovillard et al., 2008; Ross and Bustin, 2009; Koca et al. 2010 Sarı et al. 2011 Koç et al. 2016 Ozcelik et al, 2016 Yavuz Pehlivanli et al. 2018) Redoksa-duyarlı elementlerin bazıları (örn. Cu, Ni, Zn) organik madde (OM) ile ilişkili olarak su kolonundan tortullara aktarılabilir ve pirit ile ilişkili olarak tortularda tutulabilir (Tribovillard et al. 2006). V, U, Mo ve Re'a ek olarak, Ni, Cu, Zn, Cd, Co, Cr eser element oranları, örn. V/Mo (Piper and Calvert, 2009) ile birlikte paleoredoks koşullarını belirlemek için V/Cr , Mo/Al ile Ni/Co kullanılmıştır (Jones and Manning, 1994; Rimmer, 2004; Riquier et al., 2006). Aslanlı sahası bitümlü kayaç (bitümlü şeyl ve bitümlü marn) örneklerindeki redoksa duyarlı elementlerin Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyline ve Ortalama Şeyl'e göre tüm elementlerde hiçbir tükenmenin olmadığı, aksine tamamında zenginleşmelerin olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Zenginleşmeler; Zn'da Üst Kıtasal Kabuğa göre 4 kat, PAAS'a göre 5 kat, Ortalama Şeyl'e göre 4 katzenginleşmiştir. Ni ise Üst Kıtasal Kabuğa göre 200 kat, PAAS'a göre 700 kat, Ortalama Şeyl'e göre 500 kat zenginleşmiştir. Cu'da Üst Kıtasal Kabuğa göre 4 kat, PAAS'a göre 8 kat, Ortalama Şeyl'e göre 5 kat zenginleşmiştir. Cr'da Üst Kıtasal Kabuğa göre 11 kat, PAAS'a göre 13 kat, Ortalama Şeyl'e göre 11 kat zenginleşmiştir.



Şekil 2. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında redoksa duyarlı elementlerin Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyli ve Ortalama Şeyl'e göre zenginleşmeleri.

Cobalt, Üst Kıtasal Kabuğa göre 10 kat, PAAS'a göre 11 kat, Ortalama Şeyl'e göre 10 kat zenginleşmiştir. U'daki zenginleşme Üst Kıtasal Kabuğa göre 7 kat, PAAS'a göre 6 kat, Ortalama Şeyl'e göre 6 katdır. V'da Üst Kıtasal Kabuğa göre 7 kat, PAAS'a göre 10 kat, Ortalama Şeyl'e göre 6 kat zenginleşmiştir. Mo'de Üst Kıtasal Kabuğa göre 6 kat, ortalama şeyl'ye göre 11 kat zenginleşmiştir. Nikel, Üst Kıtasal Kabuğa göre 200 kat, PAAS'a göre 700 kat, Ortalama Şeyl'e göre 500 kat ile en çok zenginleşen element olmuştur. Aslanlı sahası bitümlü kayaç (bitümlü şeyl ve bitümlü marn) örneklerindeki redoksa duyarlı iz element zenginleşmeleri Peru Kıyısal Şelfi Sedimanları, Namibya Çamur Lensleri, Akdeniz Sapropelleri (>2% TOC), Karadeniz Sapropelleri ((B1)), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanları ve C/T Gubbio Anoksik Sediman gibi bilinen anoksik ortam çökelleri ile kıyaslanarak belirlenmiştir (Şekil 3). Çinkon'nun Karadeniz, Akdeniz ve Peru Kıyısı sedimanlarına göre zenginleşmeleri çok düşük olup, 1-2 kat aralığındadır. Nikelin tüm anoksik ortam çökellerine oranla ZF hesaplandığında 7-12 kat aralığında zenginleştikleri belirlenmiştir. Bakır'ın Karadeniz ve Peru Kıyısı sedimanlarına göre zenginleşmeleri çok düşük olup, 1-2 kat aralığındadır.

Krom, Karadeniz, Akdeniz ve Peru Kıyısı sedimanlarına göre zenginleşmeleri çok düşük olup, 1-2 kat aralığındadır. Cr'un Peru Kıyısal Şelfi Sedimanları, Namibya Çamur Lensleri, Akdeniz Sapropelleri (>2% TOC), Karadeniz Sapropelleri (B1), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanları ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre 2-11 kat aralığında zenginleştikleri, en fazlada Karadeniz Sapropelleri (B1) göre 11 kat zenginleşmeleri olmuştur. Cobalt'ın Peru Kıyısal Şelfi Sedimanları, Namibya Çamur Lensleri, Akdeniz Sapropelleri (>2% TOC), Karadeniz Sapropelleri (B1), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanları ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre 1-11 kat aralığında zenginleştikleri, 1 kat ile en düşük Akdeniz Sapropellerine göre (>2% TOC), en fazlada 11 kat Peru Kıyısal Şelfi Sedimanlarına göre zenginleşmeleri olmuştur. Vanadyum'un Karadeniz ve Peru Kıyısı sedimanlarına göre zenginleşmeleri çok düşük olup, 2-3 kat aralındadır. Diğer taraftan Zn'nun Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanları ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre; Cu'ın Namibya Çamur Lensleri, Akdeniz Sapropelleri (>2% TOC), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanları ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre; Uranyumun Peru Kıyısal Şelfi Sedimanları, Namibya Çamur Lensleri, Akdeniz Sapropelleri (>2% TOC), Karadeniz Sapropelleri ((B1)), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanları ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre; V'un Namibya Çamur Lensleri, Akdeniz Sapropelleri (>2% TOC), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanları ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre; Mo'nin Peru Kıyısal Şelfi Sedimanları, Namibya Çamur Lensleri, Akdeniz Sapropelleri (>2% TOC), Karadeniz Sapropelleri ((B1)), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanları ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre tüketildikleri belirlenmiştir.



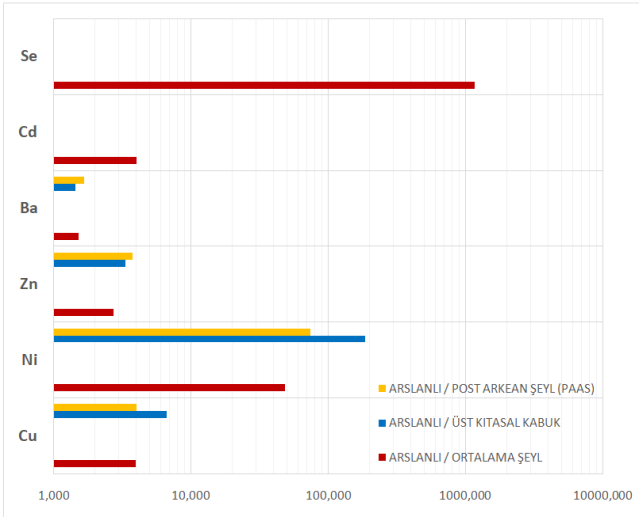
Şekil 3. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında redoksa duyarlı elementlerin bilinen anoksik sediman verilerine göre zenginleşmeleri.

4.3. Organofilik elementler

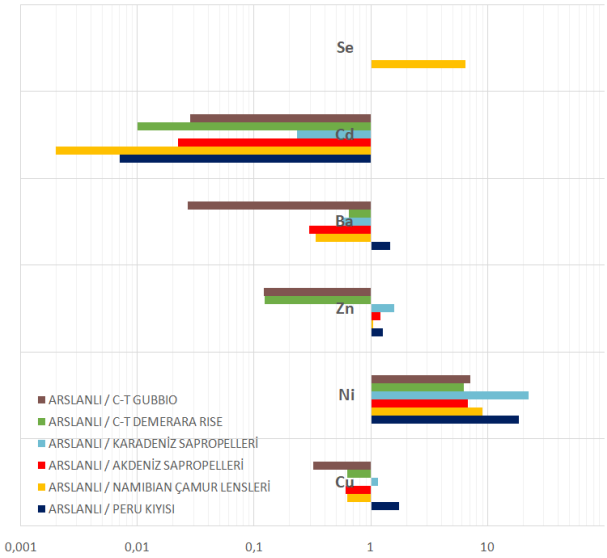
Fosfor, Se, Cd, Ba, Ni, Zn ve Cu gibi elementler organofilik elementlerdir. Bu elementlerin anoksik ortamlarda çökelmiş bitümlü kayaçlardaki zenginleşmesi, öksinik ortamlardakine göre daha fazladır. Aslında oksijensiz, tam sülfürlü, öksinik ortamlarda organik madde korunumu daha fazla olmasına rağmen bu elementlerin çökelme sırasında tercihleri, organik maddenin yapısına girerek çökelmek şeklindedir. Organik yapıdaki Ni, OM'nin bozulmasıyla, gözenek sularına öksinik koşullar altında serbest bırakılarak, pirit içine dahil olurlar (Tribovillard et al. 2006). Organik madde çökelimi önemli olduğu sürece hem Ni hem de Cu, sediman içinde organik madde varlığının bir göstergesi olarak kabul edilir. Genellikle uygun şartlar altında OM oksidasyonu sırasında Ni serbest bırakılarak sülfid mineralleri formunda çökelirler (Tribovillard et al. 2006). Cu (II) indirgeyici (öksinik) koşullar altında Cu (I) 'e indirgenir ve düşük konsantrasyonlarda Ni ve Co ile benzer şekilde pirite dahil olur. Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda Cu-taşıyan sülfürlerde oluşabilmektedir (Tribovillard et al. 2006; Gregory et al 2015). Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarındaki (bitümlü şeyl, bitümlü marn) organofilik element zenginleşmelerinin Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyline ve Ortalama Şeyl'e göre tüm elementlerde hiçbir tükenmenin olmadığı, aksine zenginleşmelerin olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).

Selenyum'un Ortalama Şeyl'e göre 1000 kat; Cd'un Ortalama Şeyl'e göre 4 kat; Ba'un Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyli ve Ortalama Şeyl'e göre 1 kat; Zn'un Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyline ve Ortalama Şeyl'e göre 2-4 kat; Ni'in Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyline ve Ortalama Şeyl'e göre 50-200 kat; Cu'ın Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyline ve Ortalama Şeyl'e göre 5-8 kat zenginleştiği olduğu belirlenmiştir. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında organofilik element zenginleşmeleri organik maddece oldukça zengin olan Peru Kıyısal Şelfi Sedimanları, Namibya Çamur Lensleri, Akdeniz Sapropelleri (>2% TOC), Karadeniz Sapropelleri (B1), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanları ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre de belirlenmiştir (Şekil 5).

Selenyum'un Namibya Çamur Lenslerine göre 8 kat; Ba ve Cu'ın Peru Kıyısal Şelfi Sedimanlarına göre 2 kat; Zn elementi Peru Kıyısal Şelfi Sedimanlarına, Akdeniz Sapropellerine (>2% TOC), Karadeniz Sapropellerine (B1)'e göre 1-2 kat zenginleşirken; Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında Ni'in zenginleşmesi Peru Kıyısal Şelfi Sedimanlarına, Namibya Çamur Lenslerine, Akdeniz Sapropellerine (>2% TOC), Karadeniz Sapropellerine (B1), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanlarına ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre 8-30 aralığındadır. N'in Karadeniz ve Peru Kıyısı sedimanlarına göre zenginleşmeleri en yüksek olup, 20-30 kat aralığındadır. Cd elementi ise Peru Kıyısal Şelfi Sedimanlarına, Namibya Çamur Lenslerine, Akdeniz Sapropellerine (>2% TOC), Karadeniz Sapropellerine (B1), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanlarına ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre tüketilmiştir. Ba ve Cu elementleri de Namibya Çamur Lenslerine, Akdeniz Sapropellerine (>2% TOC), Karadeniz Sapropellerine (B1), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanlarına ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre tüketilmiştir.



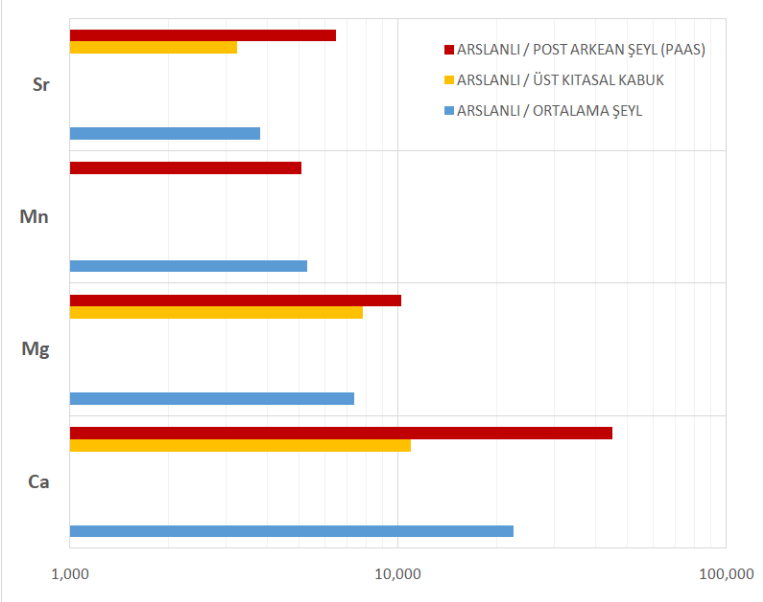
Şekil 4. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında organofilik elementlerin Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyli ve Ortalama Şeyl'e göre zenginleşmeleri.



Şekil 5. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında redoksa duyarlı elementlerin bilinen anoksik sediman verilerine göre zenginleşmeleri.

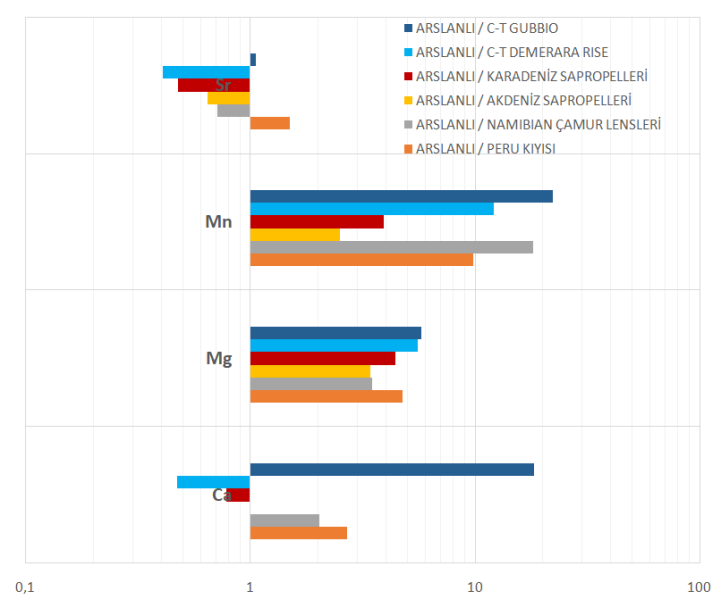
4.4. Karbonat minerali yapıcı elementler

Karbonat minerali yapıcı elementler Ca, Sr, Mg ve Mn gibi elementlerdir. Bu elementler genellikle karbonat minerallerinin bileşimine girer. Bunlar otojen kaynak göstergesi olup, oksijenli su koşullarında depolanırlar. Bitümlü marnların bileşimlerinde yaygın olarak bulunan karbonat mineralleri; Kalsit ve Aragonit ($CaCO_3$), Stronsiyanit ($SrCO_3$), Dolomit ($CaMg(CO_3)_2$, Magnezit ($MgCO_3$), Rodokrozit (MnCO3)'dir. Magnezyum daha çok dolomit ($CaMg(CO_3)_2$ minerali şeklinde bulunur. Kalsiyum (Ca) elementi ortamda karbonatların varlığını gösterir. Ayrıca killer, feldispatlar, fosfatlar ve sülfatlar gibi diğer mineral fazlarla da ilişkili olabilir (Banner 2005). Stronsiyum (Sr)' da tıpkı Ca gibi karbonatlarla ilişkili element olmasına rağmen fosfat, feldispat, sülfatlar ve kil minerallerinde de bulunur (Tribovillard et al 2006; Banner 2005). Aragonit minerali; kalsiyum karbonatlardandır *(CaCO3). Ancak,* bazen stronsiyum, kurşun ve çinko ile birlikte $(Ca,Sr,Pb,Zn)CO_3$ formunda bulunabilir. Aragonit gibi ortorombik karbonat mineralleri içinde genellikle Sr, Ca'nun yerini almaktadır (Katz et al 1972). Aslanlı sahası bitümlü kayaç (bitümlü şeyl ve bitümlü marn) örneklerindeki karbonat minerali yapıcı elementlerinin (Sr, Mn, Mg ve Ca) Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeylleri ve Ortalama Şeylere göre dikkate değer oranda zenginleştiği belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında karbonat minerali yapıcı elementlerin Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyli ve Ortalama Şeyl'e göre zenginleşmeleri.

Aslanlı sahası bitümlü kayaç örneklerindeki karbonat minerali yapıcı elementlerden sadece Ca'un Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyline ve Ortalama Şeyl'e göre 10-50 kat zenginleşirken en yüksek zenginleşmesi ise 50 kat ile Post Arkean Şeyline göredir. Aslanlı sahası bitümlü kayaç (bitümlü şeyl ve bitümlü marn) örneklerindeki karbonat minerali yapıcı element zenginleşmeleri organik maddece çok zengin olan bilinen anoksik sediman verilerine göre de belirlenmiştir (Şekil 7).



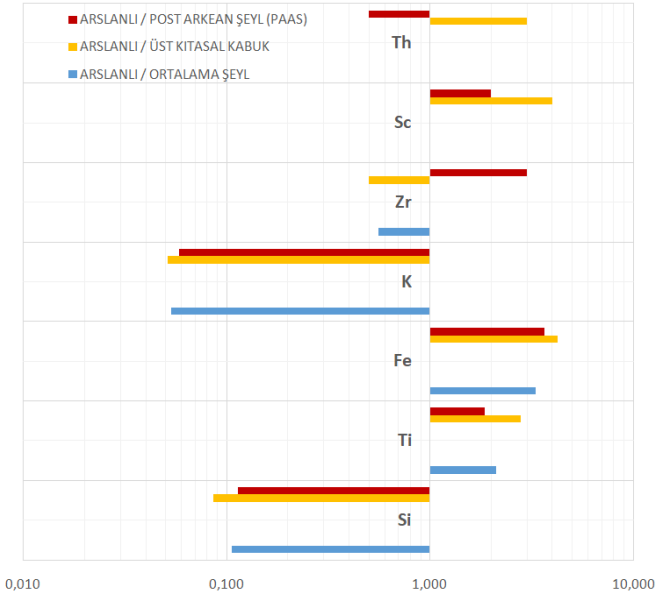
Şekil 7. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında karbonat minerali yapıcı elementlerin bilinen anoksik sediman verilerine göre zenginleşmeleri.

Karbonat minerali yapıcı elementlerden sadece Sr'da en düşük zenginleşmenin 1-2 kat ile C/T Gubbio Anoksik Sediman ve Peru Kıyısal Şelfi Sedimanlarına göre olduğu görülmektedir. Sr elementi Namibya Çamur Lenslerine, Akdeniz Sapropellerine (>2% TOC), Karadeniz Sapropellerine ((B1)), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanlarına göre ise tüketildiği belirlenmiştir. Ca'un Peru Kıyısal Şelfi Sedimanlarına, Namibya Çamur Lenslerine, Akdeniz Sapropellerine (>2% TOC), ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre 2-20 kat zenginleştiği, en yüksek zenginleşmesinin ise 20 kat ile C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre olduğu belirlenmiştir. Mg elementi Peru Kıyısal Şelfi Sedimanlarına, Namibya Çamur Lenslerine, Akdeniz Sapropellerine (>2% TOC), Karadeniz Sapropellerine (B1), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanlarına ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre 4-7 kat zenginleştiği belirlenmiştir. Mn elementinin ise bilinen anoksik sediman verilerine göre 2-20 kat zenginleştiği ve en yüksek zenginleşmesinin ise 20 kat ile C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre olduğu belirlenmiştir (Şekil 7).

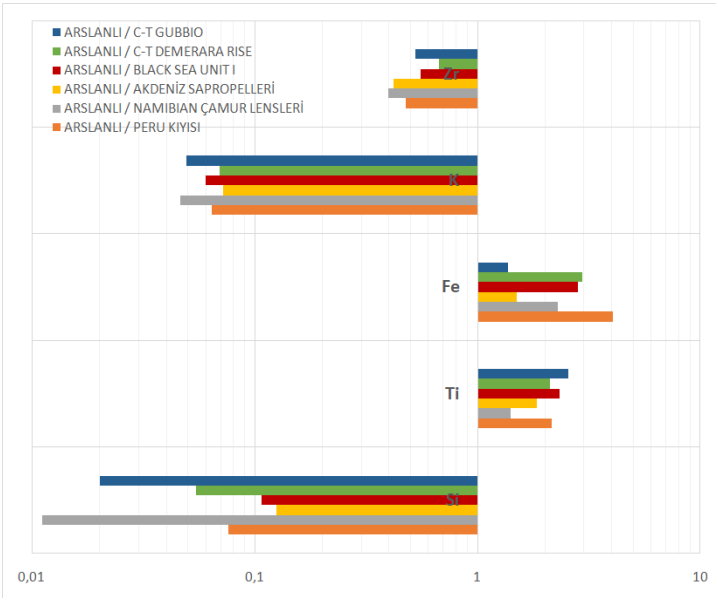
4.5 Detritik elementler

Detritik elementler Al, Th, Ti, Sc, K, Zr, Si ve Fe gibi elementlerden oluşur. Bu elementler karasal ortamlarda depolanmış kırıntılı kayaçların alterasyonundan türeyen ve su kolonuna akarsular vasıtasıyla taşınan, su kolonunda yok olmadan kalan elementlerdir. Al, Th, Ti, Sc, K, Zr, Si ve Fe gibi elementler aynı zamanda volkan külleri ve çöl tozlarından da türeyebilirler. Bu elementler genellikle kil minerallerinin bileşimine girer ve detritik kaynak göstergesi olup, oksijenli su koşullarında depolanırlar. Bu elementlerden Si hem detritik hemde biyojen kaynaklı olabilir. Eğer Si detritik kaynaklı ise genellikle kuvars mineralinin bileşimine girer. Biyojen kaynaklı Si ise çökelimi otojendir. Ortamdaki Al, K, Rb, Zr ve Ti gibi elemenlerin zenginleşmesi karasal kaynaklı sedimentlerde mümkündür (Sageman and Lyons 2003). Alüminyum göreceli olarak diyajenetik kararlılığı ve kil mineralleri ve diğer silikatlardaki varlığı nedeniyle detritik veya karasal bir temsilci olarak oldukça kullanışlıdır [Arthur and Dean 1991]. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında detritik element zenginleşmeleri Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyline ve Ortalama Şeyl'e göre belirlenmiştir (Şekil 8).

Toryum elementi sadece Üst Kıtasal Kabuğa göre 3 kat; Zr elementi sadece Post Arkean Şeyline göre 3 kat; Sc elementinin Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyline göre 2-4 kat; Fe ve Ti elementleri ise Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyline ve Ortalama Şeyl'e göre 2-5 kat zenginleşmesinin olduğu belirlenmiştir. K ve Si elementleri ise Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyli ve Ortalama Şeyl'e göre tüketilmişlerdir. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında (bitümlü şeyl ve bitümlü marn) detritik elementlerden sadece Fe ve Ti'nın Peru Kıyısal Şelfi Sedimanlarına, Namibya Çamur Lenslerine, Akdeniz Sapropellerine (>2% TOC), Karadeniz Sapropellerine (B1), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanlarına ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre 2-4 kat zenginleştikleri Zr, K, ve Si'in ise tüketildikleri belirlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 8. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında detritik elementlerin Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyli ve Ortalama Şeyl'e göre zenginleşmeleri.



Şekil 9. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında detritik elementlerin bilinen anoksik sediman verilerine göre zenginleşmeleri.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bitümlü şeyl ve bitümlü marnlar gibi organik maddece zengin olan kayaçların mineral bileşimine giren elementlerin bollukları su kolonunun disoksik, anoksik ve öksinik olması durumlarına göre değişkenlik gösterir. Organik maddece zengin bitümlü şeyllerde ise Cu, Ni, Co, Zn, V, Mo ve U gibi redoksa duyarlı ve/veya organofilik elementler zengindir. Bitümlü kayaçların redoksa duyarlı, organofilik, karbonat minerali ve detritik element bollukları su kolonunun redoks koşullarıyla ilişkilidir. Bol oksijenli su kolonlarında suda çözünmüş halde bol miktarda Ca, Mg, Sr ve Mn gibi karbonat minerali yapıcı elementler mevcut olup, bunlar genellikle kalsit, dolomit ve aragonit gibi karbonat minerallerini oluştururlar. Karadan akarsular, volkan külleri veya çöl tozları vasıtasıyla detritik olarak çökel ortamına taşınan Al, Ti, Sc, Th, Zr ve K gibi elementler ise yine oksijenli su koşullarında çökelmiş kil minerallerinin bileşimlerine girerler. Gerek detritik elementlerin gerekse karbonat minerali oluşturan elementlerin depolandığı su kolonu oksijenli olduğundan organik madde korunamaz. Bu nedenle detritik ve/veya karbonat minerali yapan elementlerce zengin kayaçlar organik maddece fakir olup, gerek hidrokarbon ve gerekse element zenginleştirmeleri yönüyle zayıftır. Öte yandan, su kolonunun oksijeninin sınırlandığı yarı sülfidik anoksik şartlarda ise su kolonunda çözünmüş halde bulunan Cu, Ni, Co, Zn gibi elementlerin tercihi genellikle organik madde olur ve organik maddeye absorplanarak sediment içine taşınırlar. Bu tür elementler organofilik elementler olarak bilinirler. Su kolonun tamamen sülfidik olduğu öksinik oksijensiz su kolonlarında ise suda çözünmüş halde bulunan Cu, Ni, Co, Zn V, Mo ve U gibi elementlerin tercihi ise genellikle metal sülfidlerdir. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlara ait örneklerindeki redoksa duyarlı, organofilik, karbonat minerali yapıcı ve detritik elementlerin, Üst Kıtasal Kabuğa, Post Arkean Şeyline (PAAS) ve Ortalama Şeyl'e göre zenginleştikleri belirlenmiştir. Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarının element zenginleşmeleri yine organik maddece zengin olan dünyanın değişik bölgelerine ait bitümlü kayaçlar veya sapropellerine göre kıyaslanmıştır. Bunlar; Peru Kıyısal Şelfi Sedimanları, Namibya Çamur Lensleri, Akdeniz Sapropelleri (>2% TOC), Karadeniz Sapropelleri (B1), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanları ve C/T Gubbio Anoksik Sedimanlarıdır. Aslanlı sahası bitümlü kayaçlarında (bitümlü şeyl, bitümlü marn) redoksa duyarlı elementlerden Ni, Cr ve Co'ın; organofilik elementlerden Ni'in; karbonat minerali yapıcı elementlerden Mn ve Mg'un; detritik elementlerden Fe ve Ti'nın organik maddece zengin olan Peru Kıyısal Şelfi Sedimanlarına, Namibya Çamur Lenslerine, Akdeniz Sapropellerine (>2% TOC), Karadeniz Sapropellerine (B1), Senomaniyen/Turoniyen (C/T) Demerara Yükselimi Anoksik Sedimanlarına ve C/T Gubbio Anoksik Sediman verilerine göre zenginleştikleri belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu makalenin verileri Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Müdürlüğü tarafından 18B0443001 nolu Proje kapsamında desteklenerek gerçekleştirilmiştir. Ankara Üniversitesi BAP Müdürlüğü'ne katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

Arslan, Ö., 2020. Aslanlı (Kütahya-Seyitömer) Sahası Bitümlü Şeyllerinde Redoksa Duyarlı İz Metal (Mo, V, Re Ve U) İncelemeleri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 101 S.

Arthur M.A., and Dean W.E. (1991). An Holistic geochemical approach to cyclomania: Examples from Cretaceous pelagic limestone sequences, In: Einsele, G. and W. Ricken, eds., Cyclic and Event Stratigraphy, II, Springer-Verlag, New York, pp. 136-171.

Arthur M.A., Brumsack H.J., Jenkyns H.C., and Schlanger S.O.(1990). Stratigraphy, geochemistry, and paleoceanography of organic carbon–rich Cretaceous sequences. In Ginsburg, R.N., and Beaudoin, B. (Eds.), Cretaceous Resources, Events and Rhythms: Dordrecht (Kluwer), 75–119.

Ayers J.C, and Watson E.B. (1993). Rutile solubility and mobility in supercritical aqueous fluids. Contributions to Mineralogy and Petrology, 114, 321-330.

Banner J.L. (2005). Application of the trace element and isotope geochemistry of strontium to studies of carbonate diagenesis. Sedimentology 42, 805–824.

Brumsack H.J. (1986). The inorganic geochemistry of Cretaceous black shales (DSDP Leg 41) in comparison to modern upwelling sediments from the Gulf of California. In North Atlantic Palaeoceanography (eds. C. P. Summerhayes and N. J. Shackleton). 447-462. Special Publications 21. Geological Society.

Brumsack H.J. (1989). Geochemisty of recent TOC-rich sediments from the Gulf of California and the Black Sea. Geol. Rundschau 78, 851–882.

Büyük F. (2019). Bozcahüyük (Seyitömer/Kütahya) havzası bitümlü şeyllerinin organik jeokimyasal değerlendirmesi ve hidrokarbon potansiyeli. Ank.Üni.Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. 167s, Yayımlanmamış.

Calvert S., and Pedersen, T. (1993). Geochemisty of recent oxic and anoxic marine sediments: implications for the geological record, Marine Geology,113, 67-88.

Carvounides M. (1915). Seyitömer linyiti, Anadolu Osmanlı demiryolları müdüriyeti. MTA Raporu, No. 49 (yayınlanmamış), Ankara.

Gregory J.M., Andrews T., and Good P. (2015). The inconstancy of the transient climate response parameter under increasing CO2, Philos. Trans. R. Soc. London, pp.373, 20140417, doi:10.1098/rsta.2014.0417.

Hayashi Y, Hirose, F, Nishimoto Y, Shiraki M, Yamagishi M, Matsukage A and Yamaguchi M. (1997). Identification of CFDD (Common regulatory Factor for DNA replication and DREF genes) and role of its binding site in regulation of the Proliferating Cell Nuclear Antigen gene promoter. J. Biol. Chem. 272, 22848—22858.

Jones B., and Manning A.C.D., (1994). Comparaison of geochemical indices used for the interpretation of paleoredox conditions in ancient mudstones. Chem. Geol. 111, 111-129.

Katz A., Sass E., Starinsky A., and Holland H.D. (1972). Strontium behavior in the aragonite-calcite transformation: An experimental study at 40–98°C: Geochimica et Cosmochimica Acta, 36, 481–496.

Koca D., Ali S, Koç Ş., Yavuz B, Koralay D.B, 2010, Denizel Kaynak Kayalarda Ana Ve İz Element Zenginleşmelerine Türkiye'den Bir Örnek: Akkuyu Formasyonu (Orta Toroslar). Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 25 (2)

Koç Ş., Sarı A., Pehlivanli B. 2016. Variation of trace and radioactive element in the Hatildag oil shale (HOS): Factors controlling of depositional environment, Goynuk Area, Bolu, Turkey. Journal Of Unconventıonal Oıl And Gas Resources, cilt.15, ss.84-97,

McLennan S. (2001). Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 2,1021.

Ozcelik O., Yavuz Pehlivanli B., Sari A., Altunsoy M., Hokerek S., Unal N.,2016. Geochemical characteristics of major and trace elements in Sahinali Coals, Aydin, Turkey. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 38-10- 1435-1447.

Piper D.Z., and Calvert S.E.A. (2009). Marine biogeochemical perspective on black shale deposition. Earth-Science Reviews, 95, 63–96.

Rimmer S.M. (2004). Geochemical paleoredox indicators in Devonian–Mississippian black shales, Central Appalachian Basin (USA). Chemical Geology, 206,373–391.

Riquier L., Tribovillard N. and Averbuc, O.(2006). Devleeschouwer X, Riboulleau A. The Late Frasnian Kellwasser horizons of the Harz Mountains (Germany): Two oxygen-deficient periods resulting from different mechanisms. Chemical Geology, 233, 137–155.

Ross D.J.K., and Bustin R.M. (2009). Investigating the use of sedimentary geochemical proxies for paleoenvironment interpretation of thermally mature organic-rich strata: Examples from the Devonian–Mississippian shales, Western Canadian Sedimentary Basin. Chemical Geology, 260, 1–19.

Sageman B.B., and Lyons T.W.(2003). Geochemistry of finegrained sediments and sedimentary rocks. In: Treatise on Geochemistry, Vol. 7 (Ed. F. MacKenzie), pp. 115–158. Elsevier, New York, NY.

Sarı A, Yavuz Pehlivanlı B, Koca, D Koç Ş 2011.Organik Maddece Zengin Kayaçlarda Ana ve İz Element Zenginleşmeleri: Tarasçı Formasyonu, Orta Toroslar, Türkiye Major …- Tpjd Bülteni/Tapg

Sarıyıldız M. (1990). Seyitömer (Kütahya) KB'sindeki kömürlü Neojen kayalarının jeolojisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Araştırma Raporları, No: FBE/JEO-89-AR104, 28s, İzmir.

Şengüler İ. (1999). Seyitömer (Kütahya) Petrollü şeyllerin ekonomik kullanım olanaklarının araştırılması. Doktora tezi, 193 s.,Ank.Üni.Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Taylor SR and McLennan S. (1985). The Continental Crust: Its composition and Evolution. Oxford, Blackwell, pp.312.

Tribovillard N., Algeo T.J.and Lyons T. (2006). Riboulleau A. Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: An update. Chemical Geology, 232, 12–32.

Tribovillard N., Bout-Roumazeilles V., Algeo T., Lyons T.W., Sionneau T., Montero-Serrano J.C. and Baudin F.(2008). Paleodepositional conditions in the Orca Basin as inferred from organic matter and trace metal contents. Marine Geology, 254, 62–72.

Wedepohl K. H. (1971). Environmental influences on the chemical composition of shales and clays. Physics and Chemistry of the Earth, 8, 305–333.

Wedepohl K.H. (1991). Chemical Composition and Fractionation of the Continental Crust. Geologische Rundschow., 8, 207-223.

Yavuz Pehlivanli B, Koc S,and Sari A. 2018. Organic Geochemical and Mineralogical Effect on Element Enrichment of Cayirhan Oil Shales, Baypazari, Ankara, Turkey International Journal of Scientific and Technological Research. ISSN, 2422-8702

Ziegler J. (1936). Bericht über die montan geologischen Untersuchungen im Randgebiet des Kütahya Braunkohlenfeldes Seyitömer. MTA Raporu (yayınlanmamış), No. 110, Ankara.

Ziemniak S.E., Jones M. E. and Combs K.E.S. (1993). Solubility behavior of titanium (IV) oxide in alkaline media at elevated temperatures. J. Solution Chem., 22,601-623.

Network Cihazlarında Güvenlik

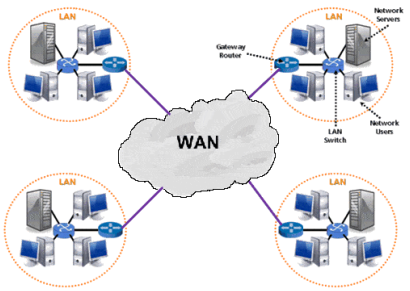
Mertcan DEMİRCİ
Gül Fatma TÜRKER

Giriş

Network bilgisayarların ve IoT cihazların birbiriyle iletişim kurduğu ortama verilen isimdir. 1960 yıllarında ABD savunma bakanlığı tarafından kurulan ilk network Arpanet'tir. İlk aşamada ordu arasında veri iletişimi sağlayan bu yapı, günümüzde gelişerek internet halini almış ve dünyanın bir ucundan diğer ucuna veri iletimini sağlamanın temelini oluşturmuştur. Bu ülkeler arası iletişim tabi ki güvenlik zafiyetini oluşturmuştur. Gizli olarak tuttuğumuz bu devlet verileri, diğer ülkeler tarafından sisteminize sızılarak ellerine geçmesi sizi yüz yıllarca geriye götürmektedir. Bu yüzden bu verileri olabildiğince iç ve dış tehditlerden korunması gerekmektedir (Kaya, 2013), (Turkcell, 2019).

1. Network Nedir?

İki veya daha fazla bilgisayarın kablolu veya kablosuz bir şekilde birbirine bağlanarak veri aktarmasına ağ(network) denir. Network altyapı türü genellikle 2 başlık altında toplanmaktadır. Bunlardan bir tanesi LAN (Local Area Network) iken diğeri WAN (Wide Area Network) olarak geçmektedir. LAN genel olarak router(yönlendirici) dediğimiz cihazın kullanıcıya bakan bacağını temsil ederken, WAN ise router'ın dış dünyaya bakan bacağını temsil etmektedir. LAN'lar tek bir kuruluş ya da birey tarafından yönetilirken, WAN'lar genellikle internet servis sağlayıcıları (ISS) tarafından yönetilir. Ülkemizdeki en ünlü ISS'ler; Turkcell, Türk Telekom, Vodafone, Turknet gibi firmalar örnek verilebilir.

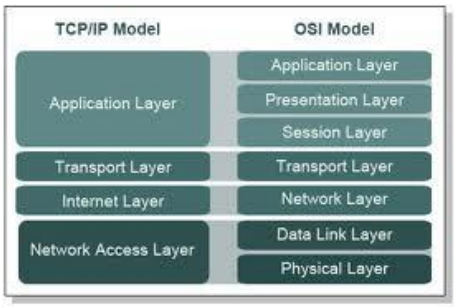


Şekil 21. LAN ve WAN diyagramı

Şekil 1 de örnek LAN ve WAN yapısı şematik olarak gösterilmiştir. LAN ve WAN arasındaki geçiş ise network cihazları ile sağlanmaktadır. Aksi takdirde bu iki yapı birbiriyle iletişim kuramamaktadır.

1.1. OSI-TCP/IP Referans Modeli

İnternet ve Network alt yapısının temelini oluşturan yapının genel olarak OSI olduğu bilinir. Fakat kullandığımız yapı TCP/IP yapısıdır. TCP/IP yapısı kullanımı itibariyle OSI'ye göre daha kolaydır. OSI ise daha çok dökümantasyona sahiptir ve kullanımı zordur. OSI (Open Systems Interconnection) yani "Açık Sistemler Arası Bağlantı olarak adlandırılır. Fakat bu model çok fazla kullanılmamaktadır. Belirtilen modeller networkün nasıl çalıştığını çözmemizi ve yönetmemize imkân sağlamaktadır. Farklı model ve protokollerin birbiriyle iletişim kurabilmesine imkân vermektedir.



Şekil 22. TCP/IP ve OSI Referans Modeli

Şekil 2'de belirtilen modellerin katmanları gösterilmiştir. OSI referans modelini incelenecek olursa, ilk katman olan fiziksel katmanda verilerin kablolu mu kablosuz mu, hangi kablo ile taşınacağı hakkında bilgi alınmaktadır. İkinci veri katmanına geçtiğimizde veri iletişiminin her cihaza özgü olan mac adres bazlı gerçekleştiği görülmektedir. Bu katmanda aklımıza ise ilk olarak switch dediğimiz network cihazları gelmektedir. Üçüncü ağ katmanına geçildiğinde ise ortaya internet protokolü olan IP çıkmaktadır. Verilerimiz bu protokol ile dünyanın bir ucuna iletilir. Günümüzde IPV4 versiyonu kullanılmaktadır, ancak ip adres sayısının yetersizliğinden IPV6 ortaya çıkmış ancak kullanışı zor olduğu için kullanılışı yaygın değildir. Dördüncü katman ise iletişim katmanı olarak geçmektedir ve verilerin nasıl iletileceği hakkında bilgi verir, bu katmanda iki kavram ortaya çıkar bunlardan bir tanesi TCP (Transmission Control Protocol), diğeri UDP (User Datagram Protocol) olarak bilinmektedir. TCP datayı güvenli ve kayıpsız götürmeyi hedeflerken, UDP olabildiğince hızlı paket kaybının önemsenmediği durumlarda kullanılır. Örnek olarak TCP maillerde ve yazı dosyalarında, UDP ise video, telefon, müzik gibi uygulamalarda kullanılır. TCP'nin bu kayıpsızlığı yavaşlığının sebebi üç yollu el sıkışma metodunu kullanmasından gerçekleşir. Method Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 23. 3-Way Handshake İletişimi

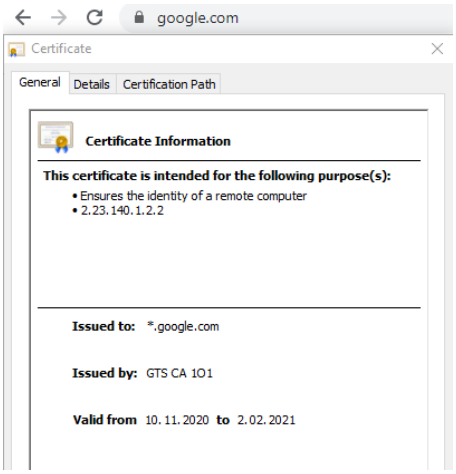
Beş, altı ve yedinci katman genellikle uygulama katmanı olarak tek katman olarak kabul edilir.

1.2.Uygulama Katmanında Bulunan Bazı Hizmetler

İleride bahsedilecek siber saldırı türlerini yorumlayabilmek için aşağıda ki hizmetlere göz gezdirmek gerekmektedir.

1.2.1.HTTP ve HTTPS

HTTP internette gezinmeyi sağlayan, internet sitelerini bizlere gösteren bağlantı, bu protokol sayesinde sağlanmaktadır. Bu protokolün port numarası 80 dir ve TCP ile çalışır. HTTPS ise http'ye ek olarak secure(güvenli) ifadesini barındırır. Bu ibare sayesinde gezindiğimiz site üzerinde tarama yapan kötü niyetli bir kişi taradığı verileri kriptolu olarak görecektir. 443 numaralı port numarasını kullanır ve TCP ile çalışır. Girdiğimiz sitelerin yanında bulunan anahtar sertifika işareti bu sitenin httpye göre daha güvenli olduğunu gösterir. Yine de sertifikaya sahip olan her site güvenli demek doğru değildir. O yüzden yaptığımız işlemlere dikkat edilmelidir.

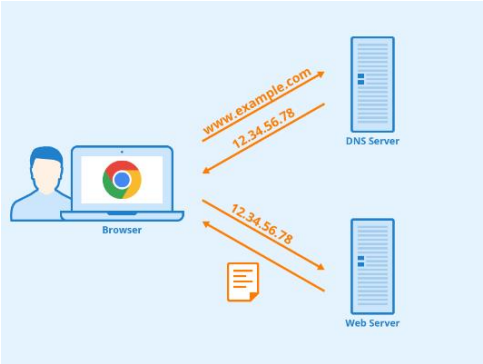


Şekil 24. Güvenlik Sertifikası

Sertifikanın detaylarını Şekil 4'de görüldüğü gibi web arayüzü üzerinden inceleyebiliriz. Sertifikanın geçerlilik süresi ve kimin tarafından verildiğine dikkat edinilmesi gerekmektedir.

1.2.2.DNS (Domain Name Server)

İnternete girdiğimizde xxx.com diyerek arattırdığımızda google bunu direkt xxx.com olarak anlayıp bize sonuç vermez. İlk olarak xxx.com'un bir ip adresi vardır ve xxx.com ile ip adresini eşleştiren bir sunucu bulunmaktadır. Bu sunucunun adına DNS sunucusu denir. Hem TCP hem UDP 53.portundan hizmet vermektedir.



Şekil 25. DNS Çalışma Mantığı

DNS sunucunun çalışma mantığı Şekil 5'de gösterilmiştir. Sunucu olarak merkezi bir DNS sunucusu da tercih edilebileceği gibi lokal bir sunucuda yapılandırılabilir.

1.2.3.DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

Network içerisinde cihazların birbiri ile iletişim kurabilmesi için bir ip adresine ihtiyaç duymaktadır. Bu ip'yi dağıtma hizmetine DHCP denir. Cihazlar network'e istek paketleri yollar ve bu istek DHCP sunucu ile karşılanır. DHCP sunucu olarak kullanılabileceği gibi Router üzerinde de konfigüre edilmesi sağlanarak, IP dağıtma işlemini router üzerinde de yapabiliriz. Kullanılan paketler ise Discover, Offer, Request ve Offer'dır.

1.2.4.SSH ve Telnet

Cihazlarımıza uzaktan erişim için kullanılan protokollerdir. Telnet bağlantı yapıldığında herhangi bir güvenlik önlemi yoktur, eğer hatta sızan bir kişi telnet bağlantısı yapılan kullanıcı adı ve şifrede dahil yapılan tüm işlemleri görebilir. SSH ise telnet'in aksine şifreli, kriptoludur. Bu yüzden hattı

dinleyen kişi verileri şifreli olarak görmektedir. SSH yerine telnet kullanılması bile çok önemli bir güvenlik önlemidir.

1.3.Network İletim Ortamları

1.3.1.Koaksiyel Kablo

Normal şartlarda ince koaksiyel kablo 185 m mesafeye sahipken, kalın koaksiyel 500 m mesafeye sahiptir. Günümüzde Koaksiyel kablo kamera, uzun mesafe telefon ağları ve televizyon sistemlerinde kullanılmaktadır.



Şekil 26. Koaksiyel Kablo

1.3.2.Bakır (Ethernet) Kablo

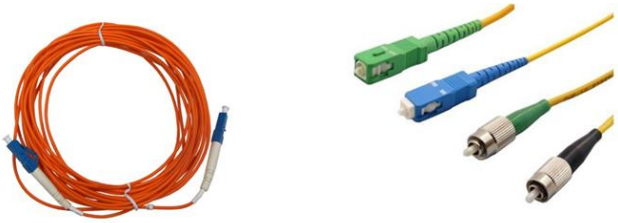
UTP ve STP olarak 2 adet protokole sahiptir. Kablo etrafında alüminyum koruyucu bulunuyorsa stp (shielded twisted pair) bulunmuyorsa utp (unshielded twisted pair) olarak adlandırılır.



Şekil 27. Cat Kablo ve RJ45 soketi

1.3.2.Fiber Kablo

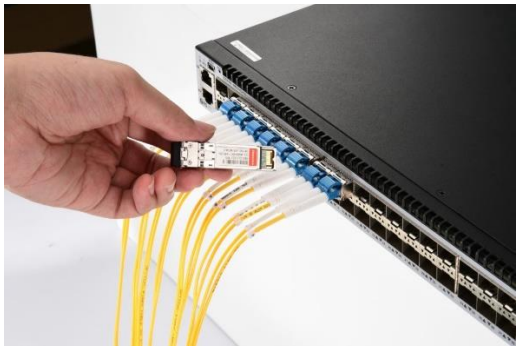
İçerisinde ince cam bulunan kablo türüdür. Veriyi ışık ile ilettiği için en hızlı iletim türüdür. Single ve Multi mode olarak ikiye ayrılır. Single mod'da ışık düz bir hizada giderken, multi mode kabloda kırılarak ilerler. Bu sebeple single mode uzun, multi mode kısa mesafelerde kullanılmaktadır.



Şekil 28. Fiber Kablo Örnekleri

Şekil 8'de de görüldüğü gibi çeşitli fiber kablolar mevcuttur. SC, LC, ST gibi örnekleri sağ üstte görülmektedir.

Fiber kablomuzun cihaza takılabilmesi için sfp(small form-factor pluggable transceiver) modül'e ihtiyaç vardır (Longline, 2019). Şekil 9'da fiber kablonun bağlanması için SFP modül gösterilmiştir. Bu modül cihazın oluşturduğu veriyi fiber kabloya iletimini sağlamaktadır.



Şekil 29. SFP Modül

Yukarıda ki iletim ortamlarına ek olarak wifi ve rs232 iletim teknolojileri de vardır (Olkan, 2013).

1.4.Networkteki Cihazlar

Network cihazları temelde uç cihazlar, switchler, routerlar, sunucular ve güvenlik duvarlarından oluşur. Bu çalışmada Switch ve router üzerinde alınabilecek önlemlerden bahsedilmektedir.

1.4.1.Switch

Switch OSI'nin 2.katmanında mac bazlı çalışır. Switch'in temel amacı uç cihazları birbirine bağlamak ve routerdan gelen tek network kablosunu birden fazla cihaza çoklanmasını sağlamaktadır (Netser, 2019). Şekil 10 ve 11'de bakır ve fiber switch gösterilmiştir.



Şekil 30. Cisco Catalyst 2960 Serisi Switch

Switch çeşitleri bakır ve fiberdir. Yukarıda gördüğümüz switch'in 48 portu bakır olduğu için bakır switch olarak adlandırılabilir. 48 portluk fiber switchlerde mevcuttur. Fiber switchlerin kullanılması için sfp modüle ihtiyaç duyarız. Her bir porta ayrı konfigürasyon yapılabilmektedir.



Şekil 31. Cisco Catalyst 3850 48 Port Fiber Switch

1.4.2.Router

OSI'nin 3.katmanında çalışan bu cihaz IP bazlı çalışır. Wan'a çıkış cihazı olarak da düşünülebilir. Router'ın her bir bacağı farklı bir network olarak kullanılır. Farklı networklerin birbiri ile iletişim kurmasını gerekli ayarlar yapıldığında sağlayabilmektedir.



Şekil 32. Cisco Router Çeşitleri

Şekil 12'de Cisco markasına ait router çeşitleri gösterilmiştir.

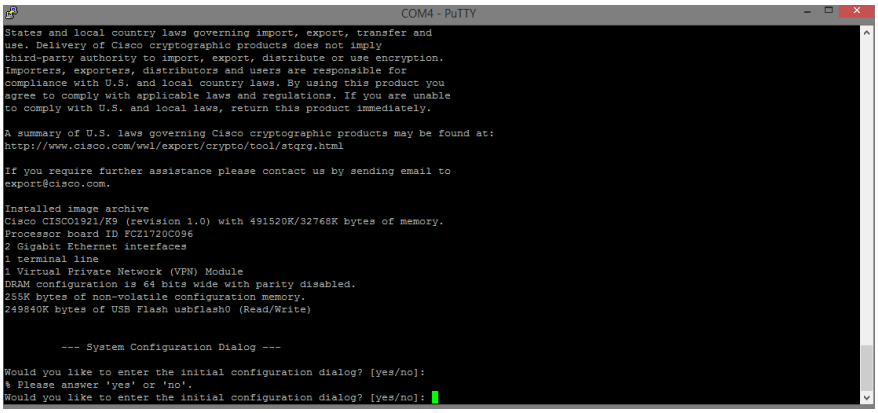
1.4.3. Network Cihazlarının Konfigürasyonu Nasıl Yapılır?

Cihazların konfigürasyonun yapılabilmesi için konsol kablosu, RS232-USB dönüştürücü ve bir bilgisayar gerekmektedir. Konsol kablosu cihazda bulunan konsol portuna bağlandıktan sonra bilgisayar üzerinden Shell uygulamaları (Putty, Teraterm, SecureCrt) kullanarak cihaza erişim sağlanmaktadır. Ardından seri port üzerinden bilgisayar kullanılarak cli'ına erişilir ve cihaz konfigürasyonu yapılabilir. Şekil 13'de kullanılan konsol kablosu gösterilmiştir.



Şekil 33. Konsol Kablosu ve RS232 Dönüştürücü

Cihaza erişim sağlandıktan sonra aşağıdaki şekilde bir ekran gözükmektedir. Bu ekran üzerine yazılacak komutlar ile cihazın adı, ipsi, portlarının açık kapalı olması durumu, portların güvenliğinin sağlanması işlemi gerçekleştirilebilir.



Şekil 34. Cihaz Konfigürasyon Ekranı

Şekil 14'de cihaza konsol olunduğunda görünen örnek bir ekran görüntüsü paylaşılmıştır.

Cihaza girilebilecek ayarlar markaya göre değişiklik gösterebilmektedir. Teknoloji ve yapılacak işlem bilindikten sonra markalar arası dönüşüm sağlanabilmektedir. Network sektöründe ise en bilindik markalar şu şekildedir; Cisco, Huawei, Juniper, HP, Dell, H3C, Alcatel.

2. Siber Saldırı Nedir?

Günümüzün yaygın sorunlarından olan siber saldırılar ve tehditler; kişileri, şirketleri ve devletleri zor durumda bırakabilmektedir. Siber saldırı, bir veya birden fazla bilgisayardan karşıdaki bilgisayarlara veya ağlara yapılan verileri ele geçirmek, değiştirmek ya da yok etmek için çeşitli yöntemler kullanılarak yapılan saldırı eylemlerinin bütününe verilen isimdir. Siber saldırıları 3 başlık altında incelenmektedir. Bunlardan birincisi sistem, kişi hakkında veri toplamayı hedef alarak keşif yapar, ikincisi sisteme sızmayı, kontrolü ele geçirmeyi hedeflemektedir, son olarak iste sistemi devre dışı bırakmaktır (Berqnet, 2021).

2.1.Siber Saldırı Türleri

2.1.1.Malware

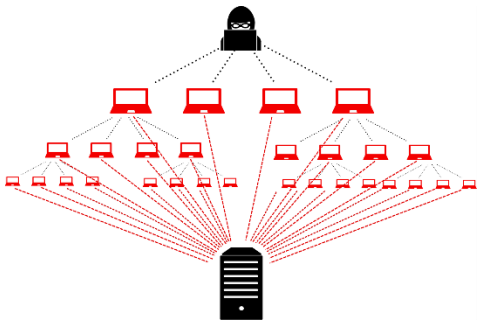
Malware kötü niyetli yazılımların tümüne verilen isimdir. Solucanlar, virüsler, Truva atları bunlara örnek olarak verilebilir. Kişilerin izni olmadan bilgisayarına sızılmasını sağlar. Bilgisayarları veya ağları çalışamaz hale getirebilir, gizlenebilir, çoğalabilir veya kötü niyetli saldırganlara erişim izni verip sistemi uzaktan kontrol etme şansı verebilir (Karel, 2019).

2.1.2.Phishing

Dünyada en çok karşılaşılan saldırı türlerinden biridir. Oltalama saldırısı olarak dilimize çevrilir. Güvenilmeyen bir kaynaktan gelmiş bir link, sms ya da mail sayesinde kişinin bilgisayarına sızabilir ya da istediği kredi kartı, kimlik bilgileri gibi verileri kullanıcının girmesini sağlayabilir. Bu saldırılarda dikkat edilmesi gerekenler gelen mail ya da sms içerisinde bulunan linkin uzantısına dikkat etmek, şüpheli bir durum var ise linke hiç tıklamamak gerekir.

2.1.3.DoSve DDoS

İngilizce açılımı Denial of Services ve Distributed Denial of Services olan bu yöntemler ise bazı çevrimiçi hizmetlerin çalışmasını engellemeye çalışmak için yapılan saldırılardır. Saldırganlar bir web sitesine veya bir veri tabanına çok fazla sayıda istek yollayıp sistemi meşgul ederler ve bu da sistemlerin çalışmamasına yol açabilir. DDoS ise bu saldırıların birden fazla bilgisayardan yapılması ile olur. Bu saldırıda kullanılan bilgisayarlara zombi botnet bilgisayarları denir. Bilgisayarınız zararlı bir malware ile başka birisinin kontrolü altına girebilir ve bir botnet olma ihtimaliyle karşılaşılır.

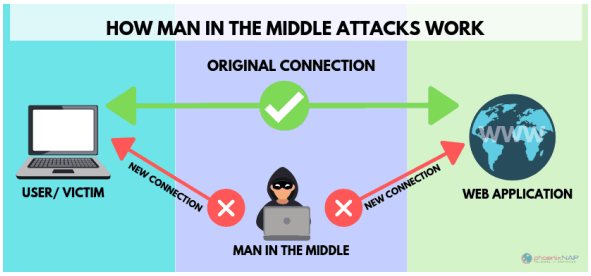


Şekil 35. DDOS Atağı

Şekil 15'de en çok gerçekleşen Siber saldırılardan biri olan DDOS atağının nasıl gerçekleştiği anlatılmıştır.

2.1.4.Man in The Middle

Bu siber saldırı çeşidinde ise saldırganlar, kullanıcılar ile erişmek istedikleri web servisi arasında kendilerini gizleyerek, kendi ağları üzerinden erişmek istedikleri servise yönlendirirler. Örneğin bir Wi-Fi ağını taklit ederler ve kullanıcılar erişmek istedikleri Wi-Fi ağı yerine saldırganların Wi-Fi ağına gitmiş olurlar. Bundan sonraki yaptıkları her işlem saldırganlar tarafından görebilir ve kullanıcıların verilerini toplayabilirler (Wallstreet Consultancy, 2021).



Şekil 36. MITM Saldırısı

Şekil 16'da saldırının nasıl gerçekleştiği aktarılmıştır. Arada hattı dinleyen bir kişi tüm trafiği kendi üzerine alarak tüm bilgileri elde edebilmektedir.

2.1.5.SQL Enjeksiyon

SQL (Structured Query Language) veri tabanlarından veri çekmeye ve işlemeye yardımcı olan bir sorgulama dilidir. SQL enjeksiyonu ise web site üzerinde bir zafiyet mevcut ise kullanıcıların ve web sitesinin tüm verilerine erişim sağlayabilir (Demirol, 2013).

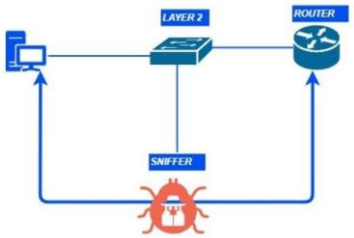
2.1.6.Parola Saldırıları

Gündelik hayatta telefonumuzda ya da bilgisayarımızda kullandığımız uygulamaların şifreleri unutmamak için basit şifreler verebiliyoruz. Bu yapılan hata, siber saldırı gerçekleştiren kişilere çok yardımcı olmaktadır. Doğum tarihi, isim, takım bilgileri parolalarımızda kullanmamalı olabildiğince büyük, küçük harf, işaret kullanmalı ve kırılması zor hale getirilmelidir. Siber saldırgan sosyal mühendislik yaparak kullanıcıyı izleyebilir, onunla sohbet edip şifresini öğrenebilir ya da tahmin edebilir. Bu durum için şifrenin paylaşılmaması doğru bir haraket olacaktır. Brute-force saldırıları ise yazılım, program kullanarak saniyeler için de yüzlerce şifrenin üst üste denilmesi olarak düşünülebilir. (Stiawan, 2019). Şifreler başkaları tarafından kolayca tahmin edilemeyen, kullanıcı hakkında özel bilgileri (doğum tarihi, çocuk bilgisi, araç plaka numarası vb) içermeyecek, içerisinde büyük küçük harflerin, sayıların ve özel karakterlerin karışımından oluşmalı. Şifre karakter boyutu en az 8 karakter olarak belirlenmeli (Ender, 2009).

2.2. Layer-2 Saldırıları ve Güvenlik Önlemleri

2.2.1.ARP Spoofing/ARP Poisoning

ARP lokal ağda bir mac adresine karşılık gelen ip bilgisini eşleştiren protokoldür. Çalışma prensibi kısaca özetlersek; switche bağlı bir PC başka bir PC ye bir paket göndereceği zaman bilgisayarın MAC adresini öğrenmek için switch bir ARP Request Packet (istek paketi) gönderir. Buna karşın sadece paketin gönderileceği hedef makine bu ARP isteğine cevap vermektedir. Paketi gönderen PC ise IP-MAC tablosunda bu eşleşmeyi tutmaktadır. Sahte ARP ataklarında ise saldırgan, paketin gönderileceği yerin cevap vermesini beklemeden kendisini cevap veren olarak göstererek, paket trafiğini kendi üzerine alabilmektedir. Bu kısımda gönderen PC'nin IP-MAC tablosunda da saldırganın PC sine ait IP-MAC bilgileri yer alacaktır. Saldırgan varsayılan ağ geçidinin (default gateway) yerine ARP isteklerine cevap verirse de ağdan dışarı çıkan tüm paketler, varsayılan ağ geçidi yerine saldırganın bilgisayarı üzerinden dışarı çıkar böylece hem ağdan çıkan tüm paketler dinlenebilir hem de bilgisayarının donanım özelliklerine bağlı olarak ağda performans düşüklüğüne sebep olabilir (Serdar, 2018).



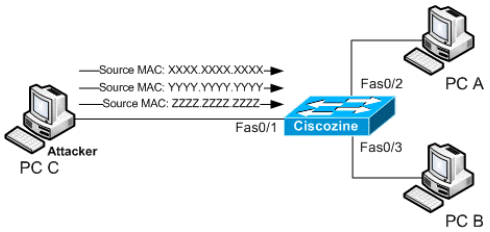
Şekil 37. ARP Spoofing

Bu saldırı türünü ise Dynamic ARP Inspection (DAI) ile önleyebiliriz. Layer 2 cihazına gelip default-gateway (internete çıkış kapısı) bilgisi konusunda tek bir yere güvenmesini belirtebiliriz. Switchten router'a çıkan porta güvenilebilir komutu girildiğinde, bu port dışında başka bir porttan layer 3'e geçiş olmayacaktır. Ayrıca ip source guard özelliği ile switch üzerinde tutulan mac-ip eşleşmesini tutan arp tablosuna aykırı bir ip-mac eşleşmesi geldiğinde trafiği kesmesini sağlayabiliriz. Şekil 17'de saldırı örneği gösterilmektedir.

2.2.2.Mac Tablosu Atağı

Switchlerin daha öncesinde network üzerinde ki cihazların mac bilgisini hafızasında tuttuğunu söylemiştik. Bir kötü niyetli saldırgan switch'e bağlanarak Linux üzerinde "macoff" komutunu çalıştırarak, switch'e sonsuz bir mac adresi gönderimi yapabilir. Mac tablosu hafızası dolan switch çalışamaz hale gelecek ve network'ü layer 2 bazında çalışamaz hale gelecektir.

Bu saldırıyı önlemek içinse switch üzerinde kullanmadığımız portları kapatırız. Kullanıcı portları Access port olarak belirlenir ve port-security özelliği switch üzerinde aktif edilir. Port-security özelliğinin bazı özellikleri ise şu şekilde, port üzerinden öğrenebileceği maksimum mac adres sayısı belirlenir, öğrendiği mac adresinin üzerine yenisinin yazılmasına izin vermez kalıcı halde olmasını sağlar, ihlal durumunda portu error moduna düşürüp kullanılmaz hale getirir ya da koruma modunda sadece log sunucunuza uyarı mesajı gönderir (Buse, 2020).



Şekil 38. Mac Flood Attack

Şekil 18'de iletildiği gibi birden fazla mac isteği gönderilerek switch'in mac tablosunu doldurur ve işlev görmez hale getirir.

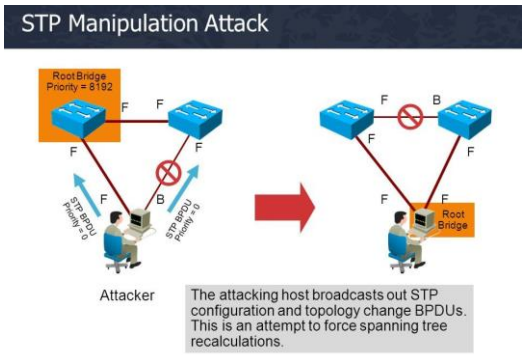
2.2.3.DHCP Spoofing ve Starvation Atağı

DHCP'nin daha öncesinde kullacılara ip dağıtan bir protokol olduğu iletmişti. Saldırgan kendini dhcp sunucu olarak yapılandırabilir, kullanıcıların ip bilgilerini kendi belirleyebilir. Dns ve default-gateway adresini kendi belirleyebilir, yönlendirebilir. Ağ üzerinde kontrolü bu şekilde sağlar. Starvation atağı ise dhcp'den sınırsız sayıda ip isteyerek sunucu üzerinde ayrılmış ip havuzunu bitirir ve kullanıcılara ip kalmamış olur.

Bu saldırıyı önleme yöntemimiz ise switch portları üzerinde trust ve untrust bilgisinin işlenmesi gerekir. Böylece dhcp paketinin bekleneceği ve beklenmeyeceği portlar belirlenmiş olur. Starvation içinse her kullanıcının isteyebileceği ip sayısı sınırlandırılır.

2.2.4.STP Manupülasyonu

Network cihazlarının birbiriyle birden fazla kablo ile bağlantısı yapılır ise trafiğin sonsuz döngüye girmesine sebep olur. Radia Perlman tarafından geliştirilen Spanning Tree Protokolünde bu döngüye engel olur ve portlardan bir tanesinin kapanmasını sağlar.



Şekil 39. STP Atağı

Şekil 20'de STP'de bloklanacak portların manupüle edilişini görmekteyiz. Burada saldırgan belirlediği

portu kapatarak trafiği engelleyebilmektedir.

2.2.5.VLAN Hopping Atakları

Üye olunmadığı halde ve normalde ulaşılamayan VLAN'e ulaşabilmenin sağlandığı bir saldırı türüdür. VLAN Hopping saldırısında bulunulduğunda, ağda hangi VLAN'e bağlı olunursa olunsun ağdaki tüm VLAN'lere erişim sağlanabilir. Bu saldırıyı önleyebilmek için DTP (dynamic trunk protocol) devre dışı bırakılmalı, Access portları access'e çekilmeli. Trunk portlarda otomatik eşleşme bekleme durumunu disable edilmelidir (Bull, 2016).

2.2.6.CDP Açıklığı

CDP ikinci katmanda çalışır ve Cisco cihazlarının birbirlerini tanımalarını sağlar. CDP çerçevelerinde cihazın adı (hostname), IP adresi, cihazın modeli ve işletim sistemi sürümü gibi bilgiler yer almaktadır ve bu bilgiler ağ üzerinde şifresiz bir biçimde açık olarak gönderilmektedir. Cihazların bilgilerinin ağ üzerinden şifresiz bir biçimde gönderilmesi sakıncalıdır, cihazın markası ve modeli öğrenilirse, o marka ve modele has olan açıklıklar kullanılarak cihaza saldırılar gerçekleştirilebilir. Cihazlardan öğrenilen IP bilgileri kullanılarak da ağın topolojisiide tespit edilebilir (İTÜ, 2013).

KAYNAKÇA

Bull, R. L., Matthews, J. N., & Trumbull, K. A. (2016). VLAN hopping, ARP poisoning and man-in-the-middle attacks in virtualized environments. DEF CON, 24(9).

Berqnet, (2021), Berqnet - Siber Saldırı Nedir? Siber Saldırılardan Nasıl Korunuruz? ,

(22/07/2022 tarihinde https://berqnet.com/blog/siber-saldiri.adresinden ulaşılmıştır).

Buse Köseoğlu, (2020), Medium, Mac Address Table Flooding Attack,

(10/08/2022 tarihinde https://buse-koseoglu13.medium.com/mac-address-table-flooding-atack-62b3f66db457 adresinden ulaşılmıştır).

Demirol, D., Daş, R., & Baykara, M. (2013). SQL enjeksiyon saldırı uygulaması ve güvenlik önerileri. In 1st International Symposium on Digital Forensics and Security (1. Uluslararası Adli Bilişim ve Güvenlik Sempozyumu) (pp. 62-66).

Digital Fortress, (2018), Common Attack Types on Switches,

(01/07/2022 tarihinde https://digitalfortresslk.wordpress.com/2018/03/22/common-attack-types-on-switches/ adresinden ulaşılmıştır).

Şahinaslan, E., Kandemir, R., & Şahinaslan, Ö. (2009). Bilgi güvenliği farkındalık eğitimi örneği. Akademik Bilişim, 9, 189-194.

İTÜ, (2013), Bilgi İşlem Daire Başkanlığı – Seyir defteri , İkinci katman atakları , ,

(10/07/2022 tarihinde https://bidb.itu.edu.tr/seyir-defteri/blog/2013/09/07/ikinci-katman-ataklar%C4%B1 adresinden ulaşılmıştır).

Karel, (2019), Karel Blog- Siber Saldırı Nedir, Türleri Nelerdir? Devletlerin Siber Saldırı Önlemleri,

(10/08/2022 tarihinde https://www.karel.com.tr/blog/siber-saldiri-nedir-turleri-nelerdir adresinden ulaşılmıştır.).

Kaya, M. N. Ö. V. A. (2013). Siber Güvenliğin Milli Güvenlik Açısından Önemi ve Alınabilecek Tedbirler.Güvenlik Stratejileri Dergisi, 9(18), 145-181.

(03/09/2022 tarihinde https://dergipark.org.tr/tr/pub/guvenlikstrtj/issue/7525/99154 adresinden ulaşılmıştır.).

Longline, (2019) Longline Bilişim Teknolojileri, SFP Nedir? Ne işe yarar ?

(03/09/2022 tarihinde https://longline.com.tr/sfp-nedir-ne-ise-yarar-nasil-kullanilir/ adresinden ulaşılmıştır.).

Netser Grup, (2019), Netser Grup- Switch Nedir?

(04/07/2022 tarihinde https://www.netser.com.tr/tr/blog/switch-nedir adresinden ulaşılmıştır.).

Olkan Betoncu, (2013), Yakın Doğu Üniversitesi, Olkan Betoncu Veri İletim Ortamları -1 , 30/04/2013,

(04/09/2022 tarihinde https://www.slideshare.net/olkanbetoncu/veri-iletim-ortamlar-1-20243675?next_slideshow=1 adresinden ulaşılmıştır.).

Serdar Sarıkaya, (2018), OSI Layer 2/3 Katmanlarında Ağ Güvenliği,

(22/11/2022 tarihinde https://www.linkedin.com/pulse/osi-layer-2-3-katmanlar%C4%B1nda-a%C4%9F-g%C3%BCvenli%C4%9Fi-serdar-sarikaya-1c/ adresinden ulaşılmıştır.).

Stiawan, D., Idris, M., Malik, R. F., Nurmaini, S., Alsharif, N., & Budiarto, R. (2019). Investigating brute force attack patterns in IoT network. Journal of Electrical and Computer Engineering, 2019.

Turkcell, (2019). Turkcell Geleceği Yazanlar, Siber Güvenlik Neden Önemli? , 21.08.2019

(12/07/2022 tarihinde https://gelecegiyazanlar.turkcell.com.tr/blog/siber-guvenlik-neden-onemli adresinden ulaşılmıştır.).

Wall Street Consultancy, (2021), A Complete Guide to Man in The Middle Attack (MitM) ,

(22/06/2022 tarihinde https://wallstreetinv.com/cyber-security/man-in-the-middle-attack-mitm/ adresinden ulaşılmıştır.).

Hazır Giyim Üretimde Uygulanabilecek Üretim Sistemleri

Alime Aslı İLLEEZ[1]

Giriş

Bir önceki yüzyılın ilk zamanlarına kadar "emek yoğun üretim yöntemi" kullanılmıştır. Bu tip üretim sistemlerinde işçilerin eğitim süreci neredeyse çıraklıktan başlayıp nitelikleri arttırılmıştı ve müşterinin istediği özelliklerde üretim yapabilir durumdaydı.. Bu tip üretim geleneği, sanayileşme öncesi dönemdeki imalat yapan firmalarda gözlenmekteydi. (Acar, 2004).

I. Dünya Savaşı'nın bitmesinin ardından General Motors yöneticilerinden Alfred Sloan ile Henry Ford, geniş kitlelere satılabilecek bir model yapmayı planlayarak, birim harcamayı düşürmeyi hedeflediler. Bu nedenle Amerika'daki otomotiv sanayisinin işleyişini değiştirdiler. Gerçekleşen model değişikliği ile yüzlerce yıldır devam eden emek yoğun üretim şeklinden "seri üretim" tarzına geçilmiş oldu. Oluşturulan yeni "seri (yığın-kitlesel) üretim yöntemi", kendini bazı alanlarda yetiştirmiş ve işi bilen profesyonellerin tasarımlarını vasıfsız veya az vasıflı işçilerin üretmesini prensip edinen bir sistemdir. Kullanılan makineler pahalı ama tek amaçlı makinelerdi. Hammadde ya da yarı tamamlanmış ürün olarak giren materyal, farklı işlem adımlarından geçerek çok sayıda ürüne dönüşebilmektedir. Bu tip sistemlerde üretilen ürünler birbirlerinden özellik olarak çok farklılaşmamaktadır. Böylece üretim sayıları çok artmış, bunun sonucunda da maliyetler düşmüştür. Böylelikle Amerika Birleşik Devletleri çok az bir zamanda dünya ekonomisinde söz sahibi olmaya başlamıştır (Acar, 2004).

1945'li yılların ardından savaşın bitmesiyle Japonya'da yeni bir kavram gelişmişti. Sermaye kaynakları az olan Japonya'da gelişen yeni kavram "yalın üretim" kavramıdır. Bu sistemin neredeyse en önemli özelliği gereksiz olan hiçbir unsurun üretim içerisinde yer almamasıdır. Kısacası birim fiyat, stok, iş gücü, model geliştirme süreci ve üretim bandı gibi faktörlerde iyileştirmelerle minimum hale getirilen bu sistem ile ürün maliyeti, Amerika'da elde edilen düşük birim maliyetlere ulaşmış oldu.

1980'li yıllarda, küreselleşmenin de etkisiyle, müşteriler farklı şeyler talep etmeye başladı ve herkes kendine hitap eden ürünleri satın almak istedi. Seri üretim sistemine göre kurulmuş olan işletmeler zorlanmaya başladı. İşletmeler bu piyasa koşullarına uyum sağlamak için daha önce Japonya'da uygulanan yalın üretim sistemini Amerika ve Avrupa'daki üreticiler tarafından da uygulanmaya başlamıştır. Yalın üretim uygulamalarının yanında firmaların özellikle yönetim, bilgi teknolojileri, üretim ve pazarlama gibi konularda da çok yol kat etmesi sağlanmıştır.

Ülkemizde neredeyse en büyük istihdam hacmine sahip olan sektörlerden biri olan tekstil ve hazır giyim sektörü de sanayileşme ve global rekabet konularında nasibini almıştır. Özellikle fast fashion ile önceleri yılda 2 veya 4 sezon olan üretim kavramı günümüzde 3-4 haftada yükleme yapma hızına yükselmiştir. Müşterinin birbirinden farklı şeyleri talep etmesi ve hızlı moda akımı sebebiyle model adetleri çok artmış ama her birinden istenen adetlerin çok azalma problemi ile yüz yüze kalmıştır. Bu istekleri karşılayabilmek için üretimin hem kaliteli hem de hızlı olması gerekmektedir. Bu da ancak uzmanlık seviyesi yüksek, her ürüne göre yerleşimi düzenlenebilen

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Ege Üniversitesi, Emel Akın Meslek Yüksekokulu

esnek üretim birimleri ile sağlanabilmektedir. Yığın üretimin gerçekleştirildiği seri üretim bantlarının yerine daha hızlı ve verimli üretimlerin yapıldığı yalın üretim bantları almıştır.

Bu çalışmada üretimlerde uygulanan sistemler ile ilgili bilgi verildikten sonra değişen günümüz koşullarında hazır giyim sektöründe uygulanmakta olan sistemlerle ilgili çalışma örnekleri incelenecektir (İlleez, 2014).

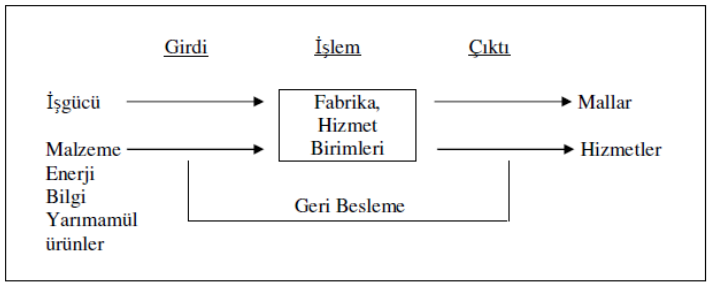
Üretim Kavramı

Bir ülkenin ekonomisi için "üretim" kavramı canlıların damarlarında akan kan gibidir. İşgücü ve diğer girdilerin zamanı geldiğinde sürece dahil olmalarıyla gerçekleştirilen üretim eğer verimli bir biçimde gerçekleştiriliyorsa, ekonominin sağlıklı olduğu anlamına gelmektedir (Kobu, 2010).

Üretimde temel amaç, gerekli olan ürün ve hizmetleri oluşturmaktır. (Yüksel, 2010). Ekonomistler, üretimi fayda yaratmak olarak tanımlarken; mühendisler ise, fiziksel bir varlığı onun değerini arttırması veya bir hammadde ya da yarı mamullerin nihai bir ürüne dönüştürülmesi için geçirilen bir süreç olarak tanımlamaktadır. (Kobu, 2010). Üretim, sonucunda sadece fiziksel ürünlerin çıktı olarak elde edildiği bir süreç değildir. Hizmet süreçleri de üretim faaliyeti olarak görülmektedir (Top, 1994).

Üretim Sistemi ve Üretim Sistemi Türleri

Üretim sistemi, ürün ve/veya hizmet üretme amacıyla üretim faktörlerini (insan, malzeme, makine…vb) bir araya getirilmesi ve bir uyum içinde çalışmasıdır (Top, 1994). Üretim sisteminin basit gösterimi Şekil 1'de yer almaktadır. Üretim sisteminin girdileri beş başlık altında toplanmaktadır. İngilizce isimleri M harfi ile başladığı için 5M olarak da nitelendirilen bu girdiler sırasıyla insan (man), makine (machine), sermaye (money), metot (method) ve malzeme (material),'dir (Ekizoğlu, 2012).



Şekil 1 Bir üretim sistemi (Top, 1994)

Bir üretim sistemi şu niteliklere sahip olmalıdır:

¬ Her üretim sisteminin bir amacı olduğu bu sistem organize bir faaliyettir.

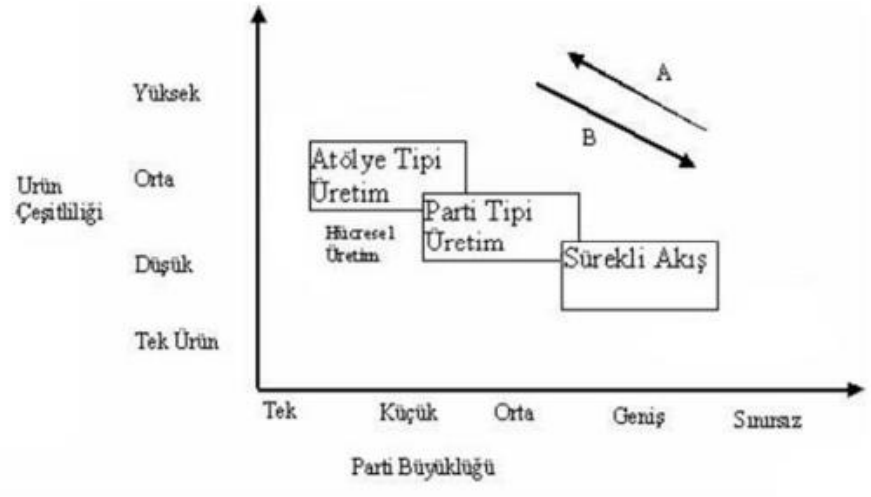
¬ Üretim sistemleri girdileri kullanışlı çıktılara dönüştürmektedir.

¬ Bir üretim sistemi diğer sistemlerden soyutlanmış bir biçimde çalışamaz.

¬ Bir üretim sisteminin performansını var olandan daha iyi hale getirebilmek için mutlaka aktiviteler ile ilgili bilgi akışı olmalıdır.

Üretim sistemlerini, ürün miktarına veya akışına göre sınıflandırıldığında 3 ana başlık altında toplamak mümkündür (Şekil 2). Bunlar sırasıyla aşağıdaki gibi sıralanmıştır. (Gökşen, 2003)

1. <u>Sürekli Üretim (Seri Üretim)</u> : Bu tip üretim sistemleri miktarının fazla buna rağmen ürün çeşidinin az olduğu üretim sistemidir. Bu sistem istemi ile üretimde en çok dikkat edilecek husus ürünün tamamının talep edilen ürün grubundan olmasıdır. Talebin azalması veya üretim miktarının az olması bu tip sistemlerin maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. O yüzden yüksek adetli ve alım garantili ürünler üretilmelidir. Beyaz eşya ve otomobil benzeri standart üretilen ürünlerin süreçleridir. Bu tip üretim sistemlerinde üretim hattının kurulum maliyetleri oldukça yüksektir. Ayrıca çalışanların uzmanlık seviyesinin yüksek olması da istenir. Bu tip üretim sistemlerinde, ürünün akışının yani hammadde ve yarı mamullerin işletme içerisinde yapacakları hareket ürüne göre tasarlanmalıdır. (Ekizoğlu, 2012:).



Şekil 2: Üretim Sistemleri (Gökşen, 2003)

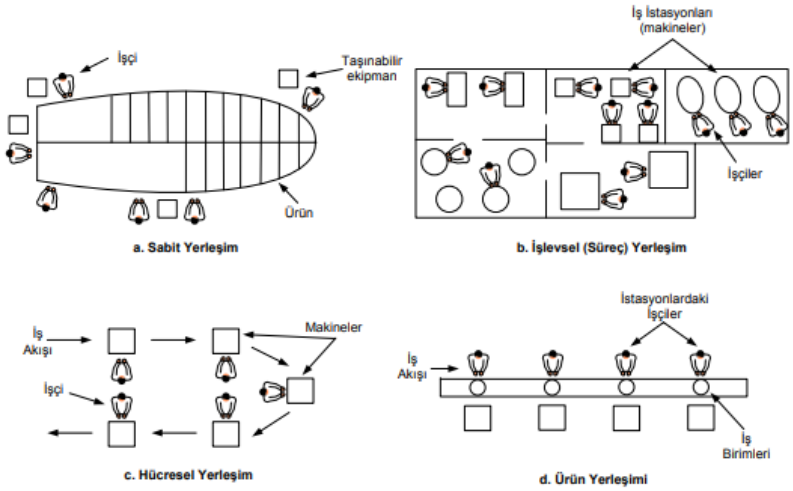
2. <u>Parti Üretim:</u> Belli bir miktarda üretilecek siparişi veya düzenli aralıklarla talep edilen ürünlerin üretilebildiği sistemlerdir. Burada en önemli özellik bir partinin üretimi tamamlanmadan sonraki partinin üretimine başlanmamasıdır. Bu üretim sisteminde sürekli üretim sistemi kadar standart bir üretim yoktur ama siparişe göre üretimdeki gibi sık değişiklikler de mümkün değildir. Bu tip sistemlerde işleri adımlara ayırmak, işin tekrarlaması, kalifiye olma, standart üretim ve makine parkurunu iyileştirme konuları zorunlu olmasa da aranan niteliklerdir (Ekizoğlu, 2012).

3. <u>Siparişe Göre Üretim:</u> Bu üretim sisteminde az adetlerde üretim yapılmaktadır. Bunun yanında ürün çeşitliliği çok fazladır. Bu tip üretimde teslimat zamanını, ürünün miktarını ve ürünün kalitesini müşteri belirlemektedir. Bu üretim sisteminin her aşamasında stok seviyeleri düşük tutulmalıdır. (Ekizoğlu, 2012).

Bazen nihai ürünün üretilebilmesi için farklı girdilerin birlikte kullanılması gerekmektedir. Bu da maliyetin yükselmesine, planlamanın ve kontrolünün zorlaşmasına sebep olmaktadır. (İlleez, 2014).

Literatürde, üretim sistemlerinin; üretim miktarı, ürün türü, üretim yöntemi gibi bazı kriterlere göre farklı biçimlerde sınıflandırıldığı gözlenmektedir (Kobu, 2010).

Üretimin gerçekleştiği alanlarda makineler, sabit ve sürece göre fonksiyonel bir şekilde hücresel ya da üretim sürecine (işlevsel) göre yerleştirilmektedir. Alan düzenlenmesi ile ilgili şematik gösterimler Şekil 3'de görülmektedir. (Öztürk, 2013).



Şekil 3. Fabrika Ekipman Yerleşim Türleri (Öztürk, 2013)

Sabit yerleşimli üretimde ürün, ağır olduğu için çalışanlar ve makineler onun çevresine yerleşmekte ve faaliyet göstermektedir. Sürece göre (işlevsel) parçaların bölümler arası iletimi söz konusu olabilmektedir. Bu üretim sisteminde verimli olmayan zamanlar son derece fazladır. Verimli olmayan zamanlar, beklemelerden ve bölümler arası iletim nedeniyle oluşmaktadır. Bu kayıplar üretim zamanını arttırmakta ve bu nedenle de verimlilikleri düşük görünmektedir. Setup zamanı dediğimiz bekleme ve nakil zamanları hücresel yerleşim ve üretimde en aza indirgenmektedir. Parçaların işlenmesi ve montajı hücrelerde gerçekleşmektedir. Böylece verimsiz zamanların neredeyse hiçbiri oluşmamaktadır (Öztürk, 2013).

Özellikle değişen sektör koşulları gözetildiğinde yeni ve esnek üretim sistemleri gelişmektedir. Gelişen bu esnek üretim sistemlerini tanımlamak için; modüler sistem, yalın üretim sistemi, grup teknolojisi, hücresel üretim sistemi ve esnek üretim sistemi adıyla anılan yeni üretim sistemleri gibi adlar kullanılmıştır (İlleez, 2014).

Üretim Sistemlerindeki Gelişmeler

1970'lerin başında dünyada çok büyük bir ekonomik buhran olmuştu. Azalan kar oranları ile üretime devam etmek piyasa koşullarında imkansızdı. Bu bunalım ortamından çıkmak için iş yeri içerisinde yönetsel ve teknolojik revizyonlar yapılması gerekmekteydi. Kalite konusunda çok hassas bir üretim uygulanırken, yapılabilecek olan en ufak bir tasarruf, maliyetleri olumlu etkileyecekti. Kısacası gerek kullanılan her türlü malzeme ve sistemde gerekse üretim sırasındaki zamandan tasarruf yapılması en temel amaç olmalıydı (Kansoy, 2013: 280).

1970 yıllarındaki bunalımdan önce, dünyada bilinen üretim biçimi, büyük ölçekte ve standart mallardaki üretimi sağlayabilen "seri üretim" modelidir. Bu üretimin temel özelliği esnek olmamasıdır. Var olan sisteme baktığımızda bunalımın sebepleri şöyle maddeleştirilebilmektedir (Belet, 1997):

1. Bu dönemde dayanıklı tüketim malları pazarı doyuma ulaşmak üzereydi. Bu nedenle taleplerde bir azalma görülmektedir. Yani seri üretim sistemi gücünü kaybetmeye başlamıştır.

2. Alıcıların gelirinin artması onların diğer kişilerden farklı ürün talep etmesini arttırmaktadır.

3. Globalleşme ekonomi alanında da gündeme gelmeye başlamıştı. Böylece rekabet ve petrolde yaşanan olumsuzluklar belirsiz bir ortam oluşturmuştur.

1965-1973 yılları arasında dünyada yaşanan ekonomik kriz özellikle büyük firmaları etkiledi ve dev firmalar kriz yaşamıştır. Seri üretim ile üretim yapmakta olan firmalarda pahalı özel amaçlı makineler kullanılmasından dolayı ürün çeşitlendirmesi yapılamamıştır. Bu nedenle pazarda istikrar sağlanamamış ve sorunun çözümü için esnek uzmanlaşmaya gidilmiştir. Esnek uzmanlaşma; kalifiye işçilerle ve genel amaçlı makinelerle, çeşitli ürünlerin küçük ölçekli üretimi olarak tanımlanabilmektedir. Esnek uzmanlaşma, yalın üretim tarzını ortaya çıkarmaktadır (Belet, 1997).

Günümüzde, doğal kaynakların ve işçiliğin eski tip yöntemlerle üretimde kullanılması gün geçtikçe azalmaktadır. Bunların yerini bilgi temelli yeni gelişen endüstriler almaktadır. Yeni süreç tabi ki teknolojik ve bilimsel politikaları gerektirmektedir. İşletmelerin hem ulusal hem de uluslararası piyasalarda rekabette bir adım önde olmalarını sağlamaktadır. Böylece, müşterilerin artan taleplerini rakiplerinden farklı yollarla ve ekonomik bir şekilde karşılamaları mümkün olmaktadır. Bu üstünlük aynı zamanda müşteri taleplerini kendi doğrultularında yönlendirebilmelerine da bağlı olabilmektedir. (Besler, 2002).

İleri Üretim Sistemleri

Bugünlerde firmaların rekabet güçlerini koruması için, esneklik, hız, kalite, çeşitlilik faktörlere ve sürekli gelişmelere fazlaca önem vermelerini gerekmektedir. Müşterinin ihtiyacının doğru belirlenebilmesinde tasarımında, üretiminde ve sevkiyatında hızlı olunması çok önemlidir. Ürünler için pazarlama ağı kurmaktansa, müşteri isteklerini doğru anlayarak üretim yapılabilmekte ve atölye tarzı üretim uygulanmaktadır.

Müşterilerin talep ettikleri ürünleri üretirken piyasa koşullarına da uyum sağlayabilen işletmeler, hem dinamik bir yapıya sahip olmaları gerekir hem de değişikliklere hemen uyumlanabilmeleri için esnek işletmeler olmalıdır. Bu özellikler maalesef eskinin büyük işletmelerindense küçük işletmelerde daha kolay sağlanabilmektedir. Firmalar bu tip değişimleri başlattıklarında şirket içerisinde bilgi işlem konularını ve modern üretim tekniklerini bütün detaylarını özümseyerek uygulamaya başlamaları gerekmektedir (İlleez, 2014).

Bu çağda; Bilgisayar Destekli Üretim Sistemleri (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM)) firmalar için olmazsa olmaz öneme sahiptir. Bu sistemler firmanın tamamında bilgi akışını, üretim yönetimini…vb fonksiyonların kontrolünü sağlamaktadır Bilgisayar Destekli Üretim Sistemleri; robotlar, sayısal kontrol makineleri ve esnek üretim sistemlerini içermektedir. Hazır giyim üretim süreçlerinin ilk adımından nihai adıma kadar bilgisayar programları ile planlanması, yönetilmesi ve kontrol edilmesinin gerçekleştiği sistemler bütünüdür. Bu tip sistemlerde uyumlanma üzerine kurulmuştur, yani sistem değişik işleri yapmak üzere yeniden programlanabilmektedir. Böylece üretim süreci daha iyi kontrol edilebilmektedir; çünkü bu sistemler sayesinde çok çeşitli ürünlerin üretilebileceği en kısa süreleri bulabilmek mümkün olabilmektedir. (Sevindirici, 2009).

Esnek Üretim Sistemleri, bilgisayar kontrollü makinelerle otomatik malzeme taşıyıcılı donanımın bütünleştirildiği, benzer teknolojiye sahip çeşitli mamulleri orta ölçekte üretebilme özelliğine sahip bir sistemdir. Bu sistemlerde, bilgisayar kontrollü ve çok amaçlı makinelerden oluşan imalat hücreleri bulunmaktadır. Parçaların makinelere yerleştirilmesi ve taşınması, robotlar ve karmaşık taşıma mekanizmaları ile olmaktadır. Hazır giyim sektöründe esnek üretim denince; çok farklı ürünlerin, neredeyse sıfır hata ile, küçük işletme birimlerinde çok hızlı üretilebilme imkanı anlaşılmaktadır. Bir firmanın esnek üretim sistemini uygulamaya başlaması, geleneksel sisteme göre üretim ve yönetim felsefesinin değişmesini, yeni performans kriterlerini, yeni teknolojinin etkin olarak kullanımını, daha fazla gelişmeyi ve kaynakların daha etkin kullanımını gerektirmektedir (Dirgar vd., 2005).

Esnek üretim sistemlerinin, klasik üretim sistemlerine göre en avantajlı özelliklerini şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Değişik türden parçalar, otomatik olarak, farklı hacimde üretilebilmektedir.
- Müşteri talebine hızlı cevap verilebilmektedir.
- İşçi gereksinimi az olması, işçilik maliyetlerinin düşmesini sağlamaktadır
- Setup süresi (tezgah hazırlık süresi) kısa, üretilen mamulün kalitesi yüksek ve stok seviyesi düşüktür (Sevindirici, 2009).

Malzeme İhtiyaç Planlaması ve İmalat Kaynakları Planlaması Sistemleri Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirilmiştir. Bu sistemler itme mekanizmasına göre çalışmaktadır. Buna göre, tahmini ya da kesinleşen talebi karşılamak için gerekli olan malzeme ve parçaların, üretim ve sipariş miktarları ile zamanı belirlenmekte ve büyük partiler halinde üretim yapılmaktadır. Parçalar gerçek ihtiyaca göre değil, programa göre bir sonraki işleme aktarılmaktadır (Sevindirici, 2009).

Bilgisayarla Bütünleşik Üretim Sistemleri, planlama, tasarım, üretim ve dağıtıma kadar tüm üretim faaliyetlerini planlamak ve kontrol etmek için, donanım, yazılım, veri tabanı yönetimi ve iletişim sistemlerinin birleştirildiği entegre bir sistemdir. Bilgisayarla bütünleşik üretimin esas amacı, üretim sisteminde otomatik bilgi akışının sağlayacağı yararları elde etmektir. En önemli üstünlüğü ise, teknolojilerin bir sistem içinde bütünleştirilmesiyle, bunların her birinden ayrı ayrı sağlanan faydaların çok daha üstünde bir fayda sağlamasıdır (Sevindirici, 2009).

1970'li yılların sonlarında hem felsefesi, hem de bilgisayar yazılım paketi olarak pazarlanmaya başlayan bir diğer sistem de Optimize Üretim Teknolojisi (Optimized Production Technology), sistemidir. Bu tip sistemlerde, üretim süresi kısa ve yarı bitmiş tamamlanmış ürün grubundaki stok azdır ama bunlara rağmen çıktı düzeyi ve kritik kaynak kullanımı maksimumdur (Sevindirici, 2009).

Literatürde "Stoksuz Üretim", "Toyota Üretim Sistemi" gibi adlarla anılan Tam Zamanında Üretim Sistemi özünü/felsefesini en iyi anlatan ifade "Yalın Üretim"'dir. Diğer terim veya tanımlamalardan farklı olarak "yeni" sistemin en önemli özelliğinin, sıradan bir buluş olmayıp, kapsadığı tüm ögeler/bileşkenler/alt sistemleriyle birlikte kitle üretiminin (mass production) ciddi bir alternatifi olmasıdır (Okur, 1997).

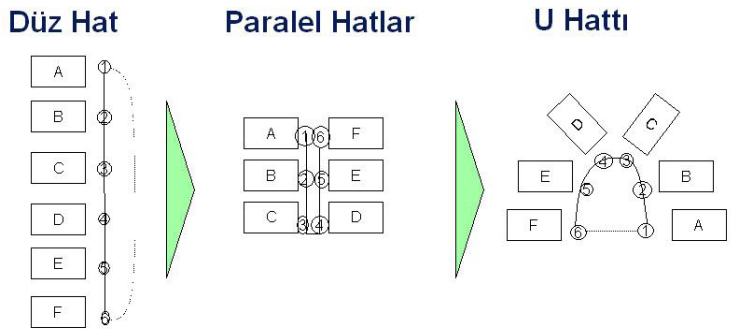
Yalın üretimle ilgili tüm çalışmalara baktığımızda, hemen herkesin yalın üretimin, sanayi örgütlenmesine yepyeni bir soluk getirdiği, hatta dünyanın "en iyi uygulaması" olarak kabul edilmesi konusunda hemfikir olduklarını görmek mümkündür. Yalın üretimin temel ilkeleri, Japonya'da Toyota Motor Firması'nda geliştirilmiştir. Verimlilik artışı sağlayabilmek, düşük maliyetli ve kaliteli üretim yapabilmek, pazarda var olabilmek amacıyla geliştirilmiştir (Okur, 1997).

Yalın üretim yaklaşımına göre, bir fabrika/atölyenin işleyişinde olabilecek en büyük israf ya da zaman kayıplarından biri de çalışan insanların bir yere gitme, makinelerin çalışmasını kontrol etme ya da makine başında, makinenin devrinin bitmesini bekleme gibi ürüne hiçbir değer katmayan (non-value-adding) pasif eylemlerin getirdiği zaman kayıplarıdır. Üretkenliği son derece düşürücü rol oynayan bu zaman kayıpları, pek çok fabrika/atölye işleyişinde göz önüne alınmayan bir konu olmasına karşın, Taiichi Ohno 1950'lerde bu tip pasif eylemlerin önlenmesiyle çalışanlardan çok daha yüksek verim elde edinilebileceğini fark etmiştir. Taiichi Ohno birçok konuda olduğu gibi, bu amaca yönelik de etkin yöntemler geliştirmiştir (Okur, 1997).

Taiichi Ohno sisteminin temel mantığı, makinelerin doğru çalışıp çalışmadığının kontrolü, makineye parçayı yerleştirme, işlenmiş parçayı alma gibi eylemleri mekanikleştirerek veya otomatikleştirerek, kazanılan zamanı her işçinin birden fazla makineyi çalıştırması (one-man-multimachines) için görevlendirilmesi ile çözmüştür. Böylece aynı işi çok daha az sayıda işçiyle gerçekleştirmek mümkün olmaktadır. Diğer yandan da talep yükselme/düşme durumlarında sadece işçi sayısı ile oynanarak üretim verimini talepteki esnekliğe adapte etme olanağı da elde edilmektedir.

Taiichi Ohno'nun bir işçinin birden fazla makineden sorumlu olması ilkesi ile ortaya çıkan yerleşim düzeni "U-hattı"nın (U-lines) temelini oluşturmaktadır (Okur, 1997).

U hattı şeklinin tam olarak sağlanamaması durumunda paralel hatlarda tercih edilebilir (Bkz. Şekil 3.2). Paralel hatlarda da istasyonlar arası mesafenin kısa olması nedeniyle çalışanlar arasında yardımlaşma mümkündür (Okur, 1997).



Şekil 4. Düz hat, paralel hat ve U-hat yerleşimleri (Okur, 1997)

Hazır Giyim Üretimindeki Sistemler İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Türkiye'deki hazır giyim sektöründe uygulanan üretim sistemlerine yönelik yapılmış çalışmalardan bazılarında bu sistemlerin özellikleri ve uygulanışları yer almaktadır.

Akçagün'ün (2006) hazırladığı incelemede hazır giyim sektöründe yalın üretim isteminin uygulanması ile ilgili bir analiz yer almaktadır. Çalışmada sistem değişikliği ile ilgili gözlemler yapılmış ve firmanın eski ve yeni sistemle çalışılırken gözlenen veriler oran analizi yöntemine göre incelenmiştir. Elde edilen analiz sonuçları Tablo 1'deki özetlenmiştir (Akçagün, 2006).

Tablo 1.Seri ve yalın üretim sistemlerinin geçiş sırasında her iki sistemin verilerinin karşılaştırılması (Akçagün, 2006)

SERİ ÜRETİM İLE YALIN ÜRETİM SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI		
	ÖNCE	**SONRA**
Verimlilik(%)	73	84
İsraf Zamanı (Saat)	16	6
İç Stok Miktarı (Adet)	800	100
Duruşlar (Dakika)	8320	3250
Operatör Kazancı (Adet)	53	48
İlk Seferde Doğru Oranı (%)	75	85

Belgutay'ın (2007), gerçekleştirdiği çalışmada ise hazır giyim sektöründe yalın üretim sistemine geçiş incelenmiş ve karşılaşılan sorunlar irdelenmiştir. Geçiş sürecinin aşamaları incelenmiştir. Yine iki sistemin verileri oran analizi metodu uygulanarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2.2'de özetlenmiştir. (Belgutay, 2007).

Tablo 2.Seri üretim ile yalın üretim sistemlerinin verilerinin karşılaştırılması (Belgutay, 2007)

Karşılaştırma Kriterleri	Seri Üretim	Yalın Üretim	Değişim (%)
Tek Seferde Doğru Oranı (%)	91,5	99,6	8,85
Modelden Modele Değişim Zamanı (dak.)	49,43	12,5	74,71
Dikim Bandı Değer Katma Oranı (%)	2,7	53,3	1874
Hücre Etkinliği-Tüm Etkinlik (%)	87,8	90,5	3,08
Girişten Sevkiyata Tedarik Zamanı (saat)	261	171	34,48
Yerleşim Alanı (m^2)	1550	650	58,06
Çalışan Sayısı (adet)	195	80	58,97
İşçi Sirkülasyonu (%)	41,1	25,8	37,23
İşçi Stabilitesi (%)	44,2	75,7	71,27
Öneri Miktarı (adet/ay)	8	96	1100
Stok Devir Hızı(gün)	26,9	14,1	47,58

Çoruh'un (2010) hazırladığı çalışma yine hazır giyim sektöründe uygulanmaya başlanan farklı üretim yöntemi önerilerinin farklı ve benzer yönleri incelenmiştir. Detayları Tablo 3'de yer almaktadır. (Çoruh, 2010).

Tablo 3. Üretim sistemlerinin karşılaştırılması (Çoruh, 2010)

	Üretim Sistemleri			
Özellikler	**Hücresel İmalat Sistemi**	**Yalın Üretim Sistemi**	**Modüler Üretim Sistemi**	**Esnek İmalat Sistemleri**
Kısaltılmış adı	HİS	YÜS	MÜS	EİS
İngilizce adı	Cellular Manufacturing System	Lean Production System	Modular Production System	Flexible Manufacturing Systems
Sistemin doğuşu	1950	1940	1996	1960
Sistemin öncüsü	Mitrafanov	Ohno	-	Williamson
Öncülerin milliyeti	Rus	Japon	Alman	İngiliz
Müşteri isteklerine duyarlılık	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Üretim hazırlık süreleri	Kısa	Kısa	Kısa	Kısa
Ürün çeşitliliği	Fazla	Fazla	Fazla	Fazla
Üretim adetleri	Az	Az	Az	Az
Ürün teslim süresi	Kısa	Kısa	Kısa	Kısa
Üretimde esneklik	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Üretimin planlanması	Kolay	Kolay	Zor	Zor
Üretimin kontrolü	Kolay	Kolay	Zor	Zor
Makine özelliği	Genel amaçlı	Genel amaçlı	Genel amaçlı	Genel amaçlı
Teknoloji düzeyi	Orta	Orta	Orta	İleri
Stok özelliği	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Üretim maliyeti	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Malzeme taşıma maliyetleri	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek
İşgören niteliği	Kalifiye	Kalifiye	Kalifiye	Vasıfsız
İşgörenlerin yaratıcılığı	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük
Tedarikçilerle iletişim	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek

Kayseri'deki bir yatak üreticisinde yapılan değişikliklerden sonra Akın'ın (2010) yaptığı çalışmada; üretim hatlarının dengelenmesi, hücresel üretim sisteminin düzenlenmesi, kalitenin iyileştirilmesi ve çekme sistemi..vb yalın üretim yöntemlerinin kullanılması araştırılmıştır. Çalışma sonucunda edinilen veriler Arena simülasyon programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilere göre hem mevcut hem de alternatif durumlar için simülasyon programı çalıştırılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. İncelemelerin ardından işletmenin ilk seferde hatasız üretim gerçekleştirme performansı %1, tüm donanımın verimliliği ise yaklaşık %13 ve programa uygun üretim gerçekleştirme performansı %20 arttırılmıştır. (Akın, 2010).

Güzel'in (2011), çalışmasında ise amaç; hazır giyim sektöründeki israf kaynaklarını ve bunun ortadan kaldırılması için uygulanacak iyileştirme çalışmalarının değer akış haritalandırma yöntemi

ile gösterilmesidir. Ayrıca üretim sisteminin dengesinin yapılabileceği hatların tasarlanmasını da içermektedir. Bu incelemeler, Ankara'da faaliyet gösteren bir hazır giyim firmasında gerçekleştirilmiştir. (Güzel, 2011).

Güner ve arkadaşları (2011) iki ayrı modelin üretimi ile ilgili hem modüler üretim sisteminden hem de düz (seri-geleneksel) hat sisteminden veri toplamışlardır. Çalışmalarında hem sistemlerin avantaj ve dezavantajlarını incelemişler ve elde edilen verilerin analizinde tespit ettikleri verimlilik artışının nedenlerini açıklamışlardır. (Bkz, Tablo 4).

Tablo 4. Modüler üretim ve düz hat üretim verimlilik karşılaştırmaları (Güner vd., 2011)

	Üretilen Modeller	
	A Modeli	**B Modeli**
Düz hat üretim	%88	%85
Modüler üretim	%91	%88

Tabloda net bir şekilde görüldüğü üzere modüler üretim sisteminden elde edilen verimlilik diğer sistemden daha yüksektir. (Güner vd., 2011).

Ayna (2021)'nın çalışmasında Kahramanmaraş'da faaliyet gösteren bir tekstil firmasındaki yalın üretim süreçleri incelenmiştir. Çalışmada özellikle yalın üretim tekniklerinin nasıl uygulandığı incelenmiş ve üretimde oluşan israfın bu sistemle ortadan kaldırılması anlatılmıştır (Ayna, 2021).

KAYNAKÇA

Acar, N., 2004, *Tam Zamanında Üretim*, Milli Prodüktivite Merkezi, 542., MPM Yayınları, Ankara

Ayna H., 2021, *Yalın Üretim Sisteminin Süreç İyileştirmesine Etkisi: Bir Tekstil Firmasında Uygulama,* Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı

Akçagün E., 2006, *Hazır Giyim İşletmelerinde Yalın Üretim Tekniklerinin Araştırılması,* Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul

Belet N.Ö., 1997, *Teknolojik Yenilikler (yetkinlik) ve Üretim Sistemlerindeki Değişimin Yeni Boyutu*, 3. Verimlilik Kongresi, MPM Yayınları, Sayı 599, 14-16 Mayıs, Ankara, ss.128-144

Belgutay A.G.,2007, *Yalın Üretim Sistemi ve Tekstil Sektöründe Bir Örnek Olay Çalışması*, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, 127s.

Besler S., 2002, *Rekabet üstünlüğü nasıl elde edilir?,* Ankara Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 18 (1-2):377-403

Çoruh E., 2010, *Hazır Giyim Endüstrisi Için Üretim Sistem Yaklaşımları*, Tekstil ve Mühendis, 17 (80):11-19

Dirgar E., Öndoğan Z., Erdoğan M.Ç., 2005, *Konfeksiyon Sanayiinde Modüler Üretim Sistemi İle İlerleyen Demet Sisteminin Karşılaştırılması,* Tekstil ve Konfeksiyon, Vol. 15 (2), s.108-113

Ekizoğlu H., 2012, *Siparişe Dayalı Üretim Sistemlerinde Yalın Uygulamalar Ve Hazır Giyim Sektöründe Bir Uygulama*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı Üretim Yönetimi Ve Pazarlama Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Gökşen Y., 2003, *Geleneksel Üretimden Esnek Üretime: Karşılaştırmalı Bir İnceleme*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitü Dergisi, Cilt:5, Sayı:4,

Güner M., Öndoğan Z., Ünal C., Arıkan O.C., İlleez A. A., Yılmaz G., ve Büyükyörük A., 2011, *Hazır Giyim Sektörünün Az Adetli Çok Modelli Siparişlerinde Üretim Verimliliğini Arttırmak için Modüler Üretim Sisteminin Uygulanması,* Ege Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi, İzmir,

Güzel S., 2011, *Hazır Giyim İşletmesinde Yalın Üretime Geçiş: Değer Akışı Haritalandırma, Hat Tasarımı ve Dengeleme*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Giyim Endüstrisi ve Giyim Sanatları Anabilim Dalı, Ankara,

İlleez A.A., 2014, *Konfeksiyon İşletmelerine Uygun Üretim Modellerinin Geliştirilmesi,* Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir

Kobu, B., 2010, *Üretim Yönetimi*, Beta Basım Yayın, 15. Baskı, İstanbul

Oral O., 2016, *An investigation on the thermal comfort properties of textiles fabrics made of cellulose-based fibers*,, Industria Textile, Vol. 387-391,

Okur, A.P., 1997, Yalın Üretim, 2000'li Yıllara Doğru Türkiye Sanayii İçin Yapılandırma Modeli, Söz Yayın, Yönetim Dizisi 1., İstanbul, 240s

Öztürk Ö., 2013, *Bir Otomobil Fabrikasının Şanzuman Üretim Bölümü İçin Hücresel Üretim Sistemi Önerisi,* Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt.: 13 - Sayı: 4 (77-100)

Sevindirici, Ġ, 2009, *Üretim Teknikleri*, Kum Saati Yayıncılık, 1. Basım, İstanbul, 323s.

Top A., 1994, Üretim Sistemleri Analiz ve Planlaması, Alfa Yayıncılık, İstanbul

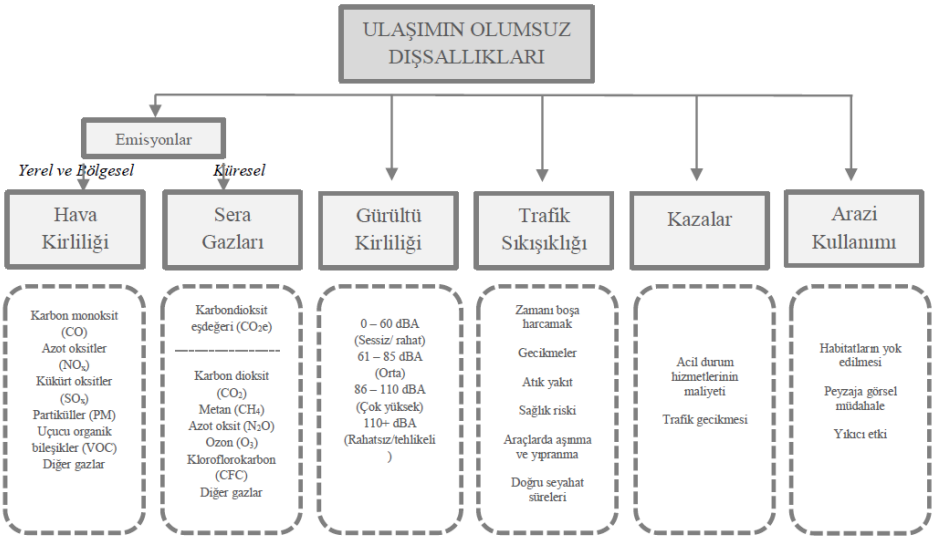
Yüksel H.,2010, Üretim/İşletme Yönetimi Temel Kavramlar, Nobel Yayın Dağıtım, 2. Baskı, Ankar

Kişisel Hava Araçlarının Tarihçesi

Saltuk Alper YAŞAR[1]
İhsan KORKUT[2]

Giriş

Ulaşım, insan hayatının vazgeçilmez bir ögesidir. Ekonomik ve sosyal olarak kalkınmaya katkı sağlamakta önemli bir faktördür. Son yıllardaki yaşanan gelişmeler karayolu ulaşım sistemi ölçeğini genişletmiştir. Ancak, artan ulaşım talepleri karayolu ulaşım sisteminin hizmet kalitesinde önemli bir azalma meydana getirmektedir. Kentleşme ve nüfus artışları sebebiyle araç sayısındaki artışlar sistem kapasitesinin tümünü kullanarak mevcut kapasiteyi zorlamaktadır. Bu sebepten ötürü ilerleyen zamanlarda daha fazla sorunlar ortaya çıkacağı aşikârdır. Öztaş Karlı ve Çelikyay yaptıkları çalışmada hâlihazırda ulaşımda süregelen problemler haricinde, yeni ortaya çıkan sorunları da kapsayan bir görsel sunmuşlardır (Şekil 1) (Levinson, Gillen ve Kanafani, 1998; Öztaş Karlı ve Çelikyay, 2022; Rodrigue, Comtois ve Slack, 2013; Santos, Behrendt, Maconi, Shirvani ve Teytelboym, 2010; Spellerberg, 1998).

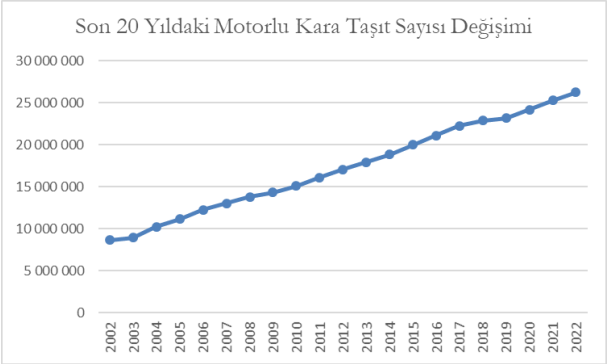


Şekil 1. Ulaşım Olumsuzlukları (Öztaş Karlı ve Çelikyay, 2022)

Günümüzde sıklıkla tercih edilen karayolu ulaşımı yoğunluğu, ekonomik ve çevresel açıdan etkileri hakkındaki endişelere rağmen gün geçtikçe artmakla kalmamakta, aynı zamanda ulaşım mesafesi değişmemesine rağmen yolculuk süresini uzatmaktadır (Europion Union, 2020; Jump ve diğerleri, 2011; Nieuwenhuizen ve diğerleri, 2011).

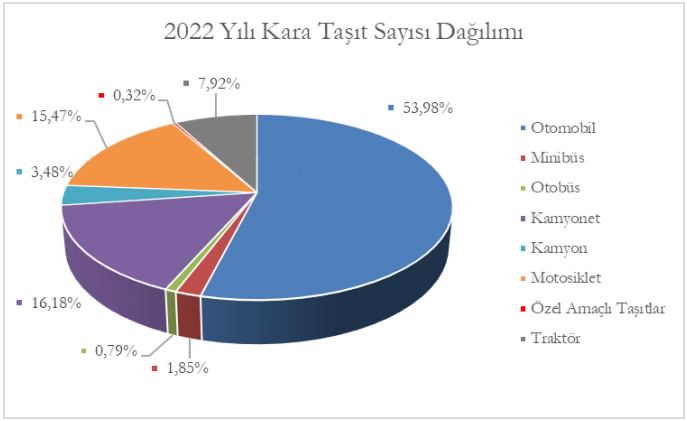
[1] Arş. Gör., Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, saltukalperyasar@gazi.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1050-5403
[2] Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, ikorkut@gazi.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-5001-4449,

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından açıklanan verilere göre, Türkiye'de kayıtlı motorlu kara taşıtı araç sayısı 2002 ve 2022 yılları arasında %203,04'lük bir artış göstererek toplamda 26 milyonu geçmiştir (Şekil 2). Bu sayının yaklaşık olarak 14 milyonu otomobildir. 2022 yılında ülkemizde otomobil başına düşen kişi sayısı 6,1 olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2022). Karayolu ulaşım sistemindeki hususi araç miktarının bu kadar yüksek olmasındaki etkenlerden birinin de pandemi esnasında artış gösteren hususi araç kullanımı olduğu düşünülmektedir. Sağlık açısından emniyetli ve daha konforlu olması gibi sebeplerle pandemi sürecinde insanlar hususi araçları tercih etmişlerdir (Abdullah, Dias, Muley ve Shahin, 2020; Labonté-Lemoyne, Chen, Coursaris, Sénécal ve Léger, 2020; Munawar, Khan, Qadir, Kouzani ve Mahmud, 2021). Pandemi seyrinin azalmış olması ve mevcut global krize rağmen, kayda değer miktarda bir kesimin toplu taşıma sistemlerini tekrar kullanmayı tercih etmediği araştırmacılar tarafından bahsedilmektedir (Christidis, Christodoulou, Navajas-Cawood ve Ciuffo, 2021; Downey, Fonzone, Fountas ve Semple, 2022; Medlock, Temzelides ve Hung, 2021; Monterde-I-bort, Sucha, Risser ve Kochetova, 2022; Orro, Novales, Monteagudo, Pérez-López ve Bugarín, 2020; Przybylowski, Stelmak ve Suchanek, 2021; Semple, Fonzone ve Fountas, 2022; Ton ve diğerleri, 2022; Torbacki, 2021; Tsavdari, Klimi, Georgiadis, Fountas ve Basbas, 2022; Vickerman, 2020).

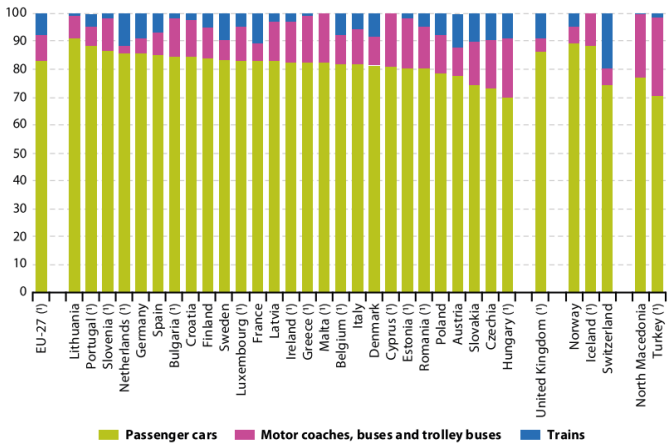


Şekil 2. Son 20 Yıldaki Motorlu Kara Taşıt Sayısı Değişimi

TÜİK verilerine göre otomobil, 2022 yılında kara taşıtları arasında %53,98 oranla karayolu ulaşımında en yüksek paydaya sahiptir (TÜİK, 2022). Ayrıca 2020 yılında Eurostat tarafından sunulan rapora göre, Türkiye'deki yolcu taşımacılığının yaklaşık olarak %70'i binek araçlar ile gerçekleştirilmektedir. Bu veri, TÜİK tarafından paylaşılan veriyi destekleyici niteliktedir. Şekil 3 ve Şekil 4, ülkemizdeki hususi araç kullanımının ne kadar yüksek olduğunu göstermektedir.

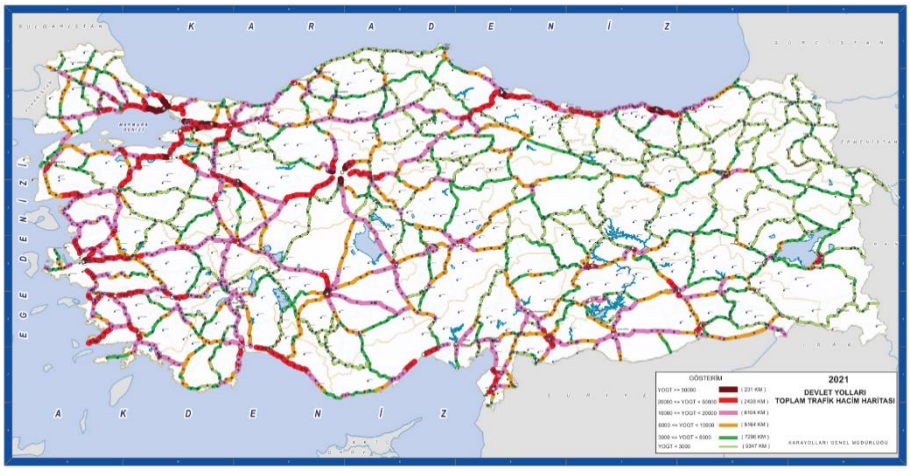


Şekil 3. 2022 Yılı Kara Taşıt Sayısı Dağılımı

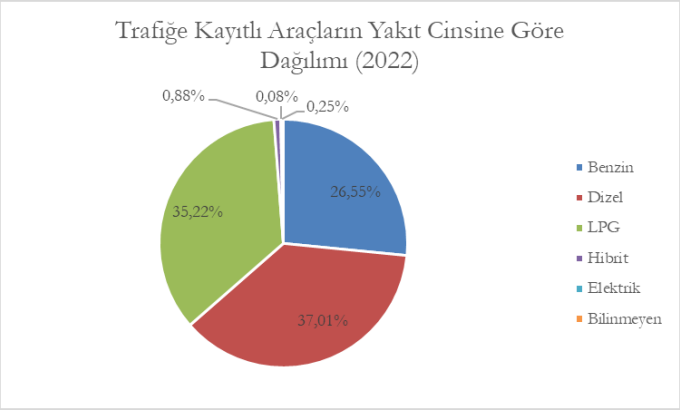


Şekil 4. 2020 Yılı Yolcu Taşımacılığı Dağılımı (Europion Union, 2020)

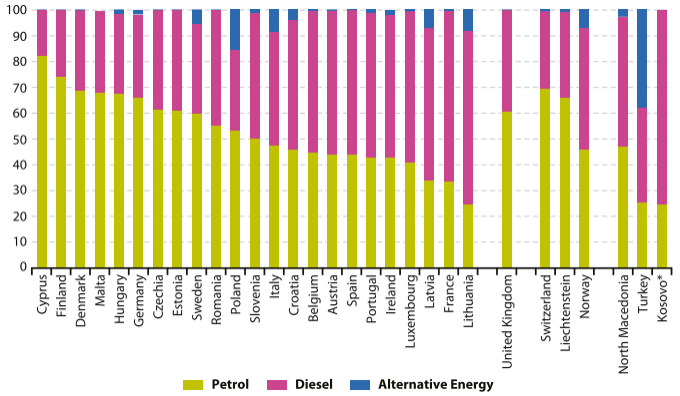
2021 yılı trafik ve ulaşım bilgileri raporu incelendiğinde, ülkemizde artan trafik hacminin ne denli büyük bir boyutta olduğu anlaşılmakta olup, mevcut sisteme alternatif çözümlerin sunulması gerektiği görülmektedir (Şekil 5) (Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı, 2022). Ayrıca doğal kaynaklardaki azalma, dünya nüfusunu alternatif enerji kaynaklarına yöneltmektedir. Teknolojik gelişmeler sayesinde LPG, hibrit ve elektrikli araçların kullanımı söz konusu olup, bu kapsamda çeşitli çalışmalar yürütülmektedir (Cha, Yun ve Hwang, 2021; Chellaswamy, Balaji ve Kaliraja, 2020; Galiveeti, Goswami ve Dev Choudhury, 2018). TÜİK (Şekil 6) ve Eurostat (Şekil 7) tarafından Türkiye için sunulan veriler ışığında, ülkemizdeki alternatif yakıtlı araçların kullanım oranları görülmektedir. Bu oranlara göre ülkemizdeki araç kullanıcılarının fosil yakıt sistemleri yerine, kayda değer bir oranda alternatif yakıtlı sistemleri tercih etmeye başladıkları görülmektedir.



Şekil 5. 2021 Toplam Trafik Hacim Haritası (Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı, 2022)



Şekil 6. Trafiğe Kayıtlı Araçların Yakıt Cinsine Göre Dağılımı (2022)



Şekil 7. 2020 Yılı Hususi Araçların Yakıt Cinslerine Göre Oransal Dağılımı (Europion Union, 2020)

Mevcut ulaşım sorunlarına çözüm üretilmesinin haricinde, uzun vadede ekonomik açıdan ulusal üretkenlik ve uluslararası rekabet edebilirlik hususlarının da göz önünde bulundurulması gerekmekte olduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Öztaş Karlı ve Çelikyay, 2022; Sussman, 2005). Ulaşım konusunu sürdürülebilirlik açısından değerlendirecek olursak, gelecekte mevcut ulaşım sistemleri haricinde yeni nesil teknoloji ürünlerinin de kullanılmasının kaçınılmaz olduğu görülmektedir (Yılmaz ve Ulvi, 2022). Karayolu ulaşım sistemindeki kullanıcıların büyük bir çoğunluğunun hususi araç sahibi olduğu düşünüldüğünde, günümüz karayolları ulaşım sistemine nefes aldırabilecek nitelikte olan kişisel hava araçları ön plana çıkmaktadır.

Kişisel Hava Araçları

Kişisel hava araçları, sadece hava ulaşımı veya diğer ulaşım yöntemlerini de kapsayacak şekilde tasarımlara sahip olup, günümüz ulaşım problemine alternatif bir çözüm sunmaktadır. Son yıllarda popülerlik kazanan bu konsept, aslında 180 yıldan uzun süredir girişimlerde bulunulan bir konudur. Gelişen teknoloji sayesinde oldukça büyük ilerleme kaydedilen bu alanda, geçmişten günümüze gerçekleştirilen çalışmaların tümüne yer verilmeye çalışılmıştır.

Kişisel hava aracı konsepti, ilk olarak 1841 yılında William Samuel Henson ve John Stringfellow tarafından patenti alınarak ortaya çıkmıştır. Henson Aerial Steam Carriage isimli uçan araba sadece patenti alınmış bir ürün olarak kalmıştır (Hodgson, 1943; Patches, 2015). 1901 yılında Gustave Whitehead tarafından geliştirilen No. 21, yarasa benzeri kanatlı bir yapıya sahiptir. Kendisi 14 Ağustos 1901 yılında bu araçla uçtuğunu iddia etmiştir (Anonim, 2022a). Ancak uçtuğuna dair bir görsel bulunmamaktadır (Fawcett, 1901). 1905 yılında Romanya asıllı Traian Vuia tarafından Fransa'da üretilen tek kişilik araç Vuia 1, yarasa kanadına benzer bir kanat yapısına sahip olup, dört tekerden oluşmaktadır. Araç başarılı bir şekilde 18 Mart 1906 tarihinde ilk uçuşunu

gerçekleştirmiştir (Anonim, 2022b). 1917 yılında alüminyum gövdeli, yolcular için ısıtıcıya sahip ve plastik camlara sahip olan tasarımı ile Glen Curtiss'in uçağı Pan-Amerikan havacılık sergisinde gösterime çıkmıştır (Curtiss, 1919). Ancak 1. Dünya Savaşı sebebiyle ötelenmiş bu sebeple uçak hiç uçamamıştır (Anonim, 2022c). 1918 yılında Felix Longobardi tarafından patenti alınan Combination Vehicle, hem karada, hem denizde hem de havada gidebilmesi için tasarlanmıştır. Ancak ürün üretilmemiştir (Longobardi, 1918). 1921 yılında René Tampier tarafından geliştirilen prototip, karada da hareket edebilmesi için ikincil düşük güçte bir motora sahiptir. Bu sayede hem karada, hem de havada hareket etme imkânına sahiptir (Anonim, 2022d; Tampier, 1934). 1923 yılında ortaya çıkan Pitcairn PCA-2, döner kanatlı ve döner pervaneli bir model olarak uçan arabaların atası olarak adlandırılabilir. İki kokpitli olarak geliştirilen araç, sektörde oldukça büyük ilgi görmüştür (Patches, 2015; Wheatley, 1932). 1924 yılında New York'ta A. H. Russell tarafından geliştirilen Nutley isimli araç görülmüştür. Bu aracın radyatör bölümünden bağlı bir pervanesi ve kanatları bulunmaktadır (Anonim, 2020a, 2022e).

Stout Skycar 1931 ve 1944 yılları arasında dört farklı model ile havacılık tarihindeki yerini almıştır. Skycar I 1930'lu yıllardaki ekonomik kriz sebebiyle planlandığı gibi kullanıcı ile buluşamamıştır. Skycar II hangarda çıkan bir yangında yok olmuştur. Skycar II ve Skycar III modelleri Amerika Hava Kuvvetleri tarafından test edilmiş modellerdir. Ardından geliştirilen Skycar IV prototipi uçuş esnasında yere çakılmış ve firma çalışmaları son bulmuştur (Anonim, 2022f, 2022g). 1932 ve 1957 yılları arasında ortaya çıkan Waterman Whatsit'i Waterman Arrowbile ve Aerobile devam modelleri takip etmiştir. Waldo Waterman aslında Whatsit modelini uçak olarak tasarlamış, ardından bu uçağı baz alarak Arrowbile modelini geliştirmiştir (Anonim, 2022h). 1934 yılında prototip çalışmaları tamamlanan Skroback Roadable Airplane, karada da kullanılabilen bir uçak olarak tanıtılmıştır. Sabit kanatlı uçağın yol testlerinde eksiklikleri olduğu tespit edilmiş olup, yalnızca bir adet üretilmiştir (Anonim, 2022i). 1935 yılında Autogiro Company of America AC-35 ve Vlachos Triphibian, 1938 yılında Gwinn Aircar üretilmiştir (Anonim, 2022j). 1939 ve 1947 yılları arasında Southernaire Roadable Flying Car tasarımcıları ayrıca Convair Model 116 ve 118 modellerini üretmişlerdir. 1940 yılında Dixon Flying Ginny isimli araç trafik problemine çözüm olarak ortaya çıkmıştır. 1942 yılında ilk kez Jeep standardında bir aracı uçurmaya çalışmışlardır. Hafner Rotabuggy isimli bu araç askeri standartlara göre üretilmiştir. 1944 yılında Herbert ve Helen Boggs tarafından patenti alınan Airmaster Autoplane Flying Car, ilk kez bir kokpitin araç gövdesine veya uçak gövdesine yerleştirilmesi ile seyahat edilmesi konusunu gündeme getirmiştir. 1945 yılında Norman Bel Geddes konsept bir uçan araba tasarımı yapmıştır. Bu araç katlanabilir kanat yapısına sahiptir. 1946 yılında kuyruk kısmından ayrılarak araba olarak da kullanılabilen Fulton Airphibian tanıtılmıştır (Anonim, 2021a). 1947 yılında Daniel R. Zuck ve Stanley D. Whitaker, farklı hava şartlarına adapte olabilecek, aynı zamanda da karada gidebilecek olan katlanır kanat yapısına sahip bir uçak tasarımı gerçekleştirmişlerdir (Anonim, 2022k).

1949 yılında İtalya'da tasarlanan Aerauto PL.5C katlanır kanat tasarımı ile ön plana çıkan bir başka araçtır. Bu aracın diğer araçlardan farkı ise arka tarafında yerleştirilmiş olan pervaneyi hem havada hem de karada hareket için kullanmasıdır. 1949 ile 1966 yılları arasında Murton Taylor sayesinde başlayan Aerocar projesinde toplamda altı farklı araç ortaya çıkmıştır (Anonim, 2022l). 1950 yılında René Tampier tarafından yapılan tasarıma benzer bir fikirle ortaya çıkan James W. Holland, Aircoupe Autoplane'i geliştirmiştir. 1953 yılında Leland Bryan üç farklı prototip üretmiş olup, prototiplerinde otomobil motoru kullanmıştır. İlk yaptığı prototip ile başarılı bir şekilde kara ve hava testleri gerçekleştirmiştir. İkinci prototip uçuş esnasındaki bir kaza sonucu ciddi hasar almıştır. Son prototipinde ise kanat yeterince iyi sabitlenmediği için gerçekleşen kazada hayatını kaybetmiştir. 1958 yılında Ford Volante isimli 3/8 ölçekli konsept araç modeli geliştirilmiştir. İlk kez bir araçta kanallı fan tasarımına yer verildiği görülmektedir. Firma ayrıca 1959 yılında Levacar isimli konsept aracını geliştirmiştir. Tekerleksiz olarak sıkıştırılmış hava ile aracın hareket etmesi amaçlanmıştır. Hovercar konseptinin ilk örneklerindendir. 1958 ve 1959 yıllarında askeri amaçlı kullanım için farklı çalışmaların gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu araçlar sayesinde ilk kez düşey

iniş kalkış (vertical take-off and landing – VTOL) konseptinin örnekleri ortaya çıkmıştır. 1959 yılında Joseph L. Halsmer of Lafayette, katlanır kanat tasarımına sahip olan aracını geliştirmiştir. 1965 yılında kontra döner pervaneli helikopter teknolojisi ile uzay çağı fütürizm akımı esnasında üretilen bir prototip olan Wagner Aerocar, tasarımı ile dikkat çekmiştir. Yolda gidebilmesi için, tekerler motora hidrolik olarak bağlanmıştır. 1973'de bir araç ve uçak motoru kullanılarak AVE Mizar üretilmiştir. Her iki motor da kullanılarak kısa sürede kalkış gerçekleştirebilmesi amaçlanmıştır. Ford Pinto araca entegre edilen Cessna Skymaster arka parçası sayesinde AVE Mizar hibrit araç sıfatını kazanmıştır. Ancak test uçuşu sırasında sağ kanadı sabitleyen bağlantı kopmuş ve tasarımcısının ölümü ile sonuçlanmıştır. 1973 yılında Fulton Airphibian'ın yaptığı tasarıma benzer olan Lebouder Autoplane aracı üretilmiştir. Vespa 400 otomobil baz alınarak hazırlanan modelde, hem havada hem de karada gidebilmesi için sökülebilen aksesuarlar tercih edilmiştir. 1975 yılında gerçekleşen kaza sonrası bir daha uçuş gerçekleştirmemiştir. 1974 ve 2001 yıllarında Paul Moller tarafından M200G Volantor ve M400 Skycar modelleri VTOL özelliğe sahip olarak tasarlanmıştır. 1981 yılında proje kapsamında Harvey Miller tarafından katlanır kanatlara sahip AviAuto tasarlanmıştır. 1990 yılında eski Boeing çalışanlarının ortaya çıkarmış olduğu Sky Commuter, VTOL özelliğine sahiptir. Ancak ürünün uçuşu gerçekleştirilememiş olup, şirket kapanmıştır (Anonim, 2021a; Vance, 2022).

1998 yılında Aerocar I ve AVE Mizar araçlarından ilham alan Ed Sweeney, Aerocar 2000 konsept tasarımını yapmıştır. Tasarımda bir adet Lotus Elise marka aracı baz almıştır (Sweeney, 1998). 2001 yılında SkyRider X2R isimli araç tasarımı Makro Endüstri tarafından geliştirilmiştir. Ancak uçabilen bir prototip üretimini gerçekleştirememişlerdir. 2004 yılında VTOL konsepti ile ortaya çıkan X-Hawk, tandem fan tasarımına sahip türbinli bir araç olarak uçuş testlerinde havada kalmayı başarmıştır. 2005 yılında Red Baron isimli araç Monster Garage tarafından yapılmış olup, uçuş denemesi yapılmış ancak başarılı olamamıştır (Anonim, 2021a). 2007 yılında ortaya çıkan CaravellAir, katlanır kanat yapısı ile oldukça dikkat çeken bir başka araç olmuştur. Arkadan itişli bir pervane ile yol testi başarılı olarak gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, henüz uçuş testlerine geçmemiştir. Halen kavramsal tasarım aşamasındadır (Anonim, 2020b). 2008 yılında arkadan itişli paraşüt uçak olan Maverick, benzer bir tasarıma sahip olan Parajet ve petrol motoruna bağlı iki adet kanallı fan ile bir jetpack prototipinin üretildiği görülmektedir (Anonim, 2021a, 2022m).

2009 yılında askeri kullanım amaçlı drone olarak ortaya çıkan AirMule, insanlı hava aracı olarak da kullanılabilecek şekilde revize edilmiştir (Anonim, 2016). Aynı yılda Butterfly Super Sky Cycle isimli bir başka araç ortaya çıkmış olup, cayrokopter prensibi ile üretilmiştir. Rotorlar katlanarak karada seyahate imkân tanımaktadır. Bu araçların yanında Terrafugia Transition katlanır kanat yapısı, karbon fiber gövdesi ile ön plana çıkan bir başka araçtır (Anonim, 2021a). Kompozit malzemeler kullanılarak Ferrari otomobil tasarımlarından esinlenerek hazırlanan Samson Switchblade ise karbon fiberden imal edilmiş, kanallı fan teknolojisini kullananan üç tekerlekli motosiklet tipinde bir araçtır. Halen geliştirme çalışmaları devam etmektedir (Anonim, 2022n). Pegasus yarı helikopter gövdesi şeklinde tasarlanmış, hem karada hem de havada gidebilen bir araç olarak sunulmuştur (Anonim, 2020c). 2010 yılında geliştirilen Plane Driven PD-1 ve PD-2 modelleri, katlanır kanat tasarımı ile hem havada hem de karada ulaşım imkanı sağlayan araçlar olarak tanıtılmışlardır (Anonim, 2022o).

2011 yılında Model 367 BiPod kısa mesafede havalanıp iniş yapabilen (short take-off and landing – STOL) havada ve karada hareket edebilen bir araç olarak tasarlanmıştır. Hibrit itki sistemine sahip olarak araç halen geliştirme aşamasındadır. Aynı yıl Hindistanlı A. K. Vishwanath isimli kişi Suzuki Maruti model bir araca pervane ekleyerek hava aracı olarak revize etmeye çalışmıştır (Chakravarty, 2011). 2012 yılında cayrokopter ile bir aracın kombine edilmiş hali olan PAL-V tanıtılmıştır (Anonim, 2021a). 2013 yılında ilk uçuşu gerçekleştirilen Volocopter VC200 elektrikli VTOL (eVTOL) bir araç olup, multikopterle insanlı uçuş gerçekleştirmiş ilk araç ünvanına sahiptir (Anonim, 2022p). Aynı yıl Terrafugia TF-X isimli araç duyurulmuş olup, 2009'da tanıtılan Terrafugia Transition'dan farklı olarak VTOL elektrikli hibrit bir araç olması ile ön plana çıkmıştır.

Hem pervaneler hem de kanatlar katlanabilir tasarıma sahiptir (Anonim, 2022q). 2014 ve 2017 yıllarında AeroMobil 3.0 ve 4.0 versiyon araçlar tanıtılmıştır. Her iki model de katlanır kanat tasarımına sahip olup, 4.0 modelinde hibrit enerji kullanılmaktadır (Anonim, 2022r). 2014 yılında Bellwether Industries tarafından tasarlanan eVTOL araç Antelope duyurulmuştur (Anonim, 2022s). Yine aynı yıl, başarılı bir şekilde uçuş gerçekleştiren eVTOL araç Wisk Aero Z-P2 tanıtılmıştır (Anonim, 2022t).

2015 ve 2018 yıllarında JetPack firması JB10 ve JB11 isimli iki adet jetpack tipini üretmiş ve başarılı bir şekilde uçuş gerçekleştirmişlerdir (Anonim, 2018; Blain, 2016). Aynı firma The Speeder isimli motosiklet benzeri uçan bir araç geliştirmiş olup, avantajlı basit montaj yapısı sayesinde ister insanlı, ister insansız olarak uçuş gerçekleştirilebilmesi amaçlanmıştır (Blain, 2022a). 2015 ve 2018 yıllarında EHang firması EHang 184 ve 216 modellerini geliştirmiştir. Sekiz pervaneden oluşan tasarıma sahiplerdir. Her ikisinde de VTOL teknolojisi bulunan araçlardan 184 modeli, 2015 ile 2018 yılları arasında insanlı olarak 40 adet uçuş gerçekleştirmiştir (Anonim, 2022u, 2022v). 2015 yılında ilk kez duyurulan Carplane prototipi, hem karada hem de havada gidebilmesi için çıkarılabilen kanat tasarımına sahiptir. Araç halen geliştirme aşamasındadır (Anonim, 2022w). 2017 yılında prototip olarak tanıtımı yapılan eVTOL Lilium Jet tanıtılmıştır. Halen geliştirme çalışmaları devam etmektedir (Anonim, 2022x).

2018 yılında ilk kez hem havada hem de karada gidebilen bir motosiklet modeli olan LMV 496 tanıtılmıştır. Sistem 4 adet jet motoru ile çalışmaktadır. Motosiklet yol ve uçuş testlerinde başarılı olmuştur (Njuguna, 2021). Yine aynı yıl drone şeklinde tasarlanan VTOL özelliğe sahip Howerbike S3 tanıtılmıştır (Patrascu, 2019). Audi ve Airbus tarafından geliştirilen Pop.Up Next projesinde amaç, bir yolcu kabinini araç gövdesi veya pervane sistemine bağlayarak karada ya da havada gidebilmesine olanak sağlamaktır (Anonim, 2021a). Aston Martin firması; Cranfield Aerospace Solutions, Cranfield University ve Rolls-Royce ortaklığıyla konsept tasarım olan Volante Vision'ı tanıtmıştır (Anonim, 2022y). Alauda Airspeeder, yarış aracı olması amacıyla üretilmiştir. eVTOL özellikli araçta, karbon fiber pervaneler tercih edilmiştir (Anonim, 2022z). İstanbul Gelişim Üniversitesi bünyesinde geliştirilen uçan araba projesi TUSİ'nin yapımına 2018 yılında başlanmış ve 2022 yılında tanıtılmıştır (Aslanhan, 2022). Jetson One 8 pervaneli eVTOL araç olarak ortaya çıkmıştır ve aracın testleri devam etmektedir (Anonim, 2022aa).

2019 yılında XTURISMO motosiklet Tokyo motor şovunda VTOL hava aracı olarak tanıtılmıştır (Anonim, 2022ab). Aynı yıl Türkiye'de Baykar Teknoloji tarafından geliştirilen VTOL özellikli Cezeri hava aracının tanıtımı yapılmıştır (Anonim, 2022ac). Otonom olarak uçabilen yolcu taşıtı Boeing NeXt ilk uçuşunu başarıyla gerçekleştirmiştir. Bu araç eVTOL prensibi ile geliştirilmiştir (Anonim, 2019). Yine aynı yıl prototip çalışmaları ile ortaya çıkan Aska, hem karada hem de havada seyahat etmeye olanak sağlayan bir eVTOL araç modelini tanıtmıştır (Reed, 2022).

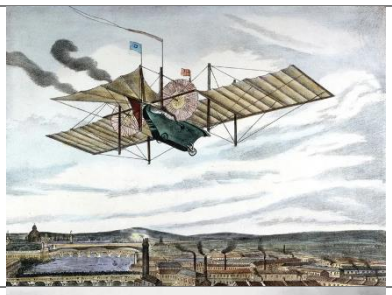
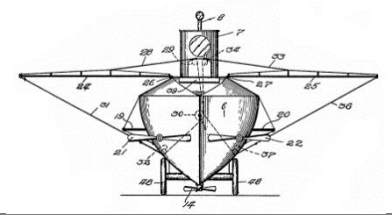
2020 yılında Suzuki işbirliği ile üretimi gerçekleştirilen eVTOL araç SkyDrive Cartivator, uçuş testlerini başarılı bir şekilde tamamlamıştır ve seri üretim hazırlıklarını yapmakta olduğu bildirilmiştir (Blain, 2022b). Aynı yıl jet motoru ile çalışması plananan süper otomobil Firenze Lanciare duyurulmuştur. Araç halen geliştirme aşamasındadır (Gorant, 2020). Manta Aircraft, iki ve dört kişilik hibrit elektrik STOL araçları olan ANN2 ve ANN4 modellerini duyurmuştur (Anonim, 2022ad, 2022ae).

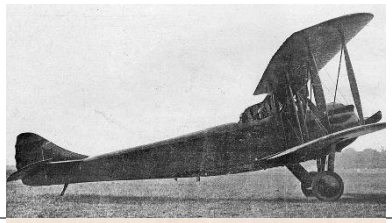
2021 yılında oldukça fazla araç ortaya çıkmıştır. Yerli teknoloji şirketi Softtech tarafından geliştirilen AirCar, iki kişilik eVTOL teknolojisi barındıran milli bir hava aracı statüsü taşımaktadır (Anonim, 2021c). Çin menşeili firma olan XPeng, eVTOL özellikte olan Voyager X2 ve HT Aero araçlarını tanıtmıştır. Multikopter yapıdaki Voyager X2, ilk uçuşunu Dubai'de gerçekleştirmiştir. HT Aero ile ilgili çalışmalar devam etmekte olup, bu aracın karada da seyahat imkanı sunacağı belirtilmiştir (Anonim, 2022af, 2022ag). Klein Vision AirCar, katlanır kanat yapısı ile AeroMobil araca benzer bir tasarıma sahiptir. Monokok karbon fiber gövdeli araç hem karada hem de havada hareket edebilmektedir (Anonim, 2021a). MACA firması S11 isimli modeli ile Formula yarış aracı

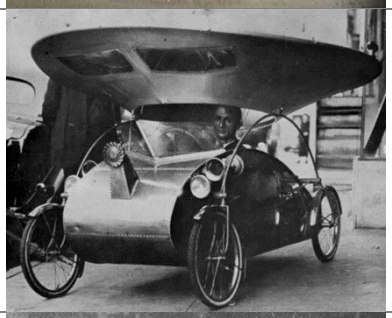
sıfatına sahip olabilecek bir VTOL carcopter geliştirmiştir. Hidrojen yakıt teknolojili ilk araç olarak tanıtılmıştır (Markus, 2022). THY Teknik A.Ş. yerli hava aracı olan Esinti'yi tanıtmıştır. 8 pervaneli eVTOL teknolojili bir araç olduğu belirtilmiştir (Anonim, 2021b). Vinata Aeromobility, hibrit elektrik VTOL bir araç konsepti olarak tanıtılmıştır. Araç hem havada hem de karada hareket edebilmektedir (Anonim, 2022ah). Renault, ikonik olan 4 serisi aracını yeniden tasarlayarak Air4 isimli bir hava aracı geliştirdiğini duyurmuştur (Dent, 2021). 2022 yılında prototipi duyurulan Alef Model A'da, araç kabini küre şeklinde tasarlanmış olup, açık ızgara dış yüzey tasarımı sayesinde aracın yatay dönerek uçuş gerçekleştirmesinin planlandığı belirtilmiştir. Aracın hem havada hem de karada hareket etme kabiliyeti olacağı açıklanmıştır (Shankland, 2022).

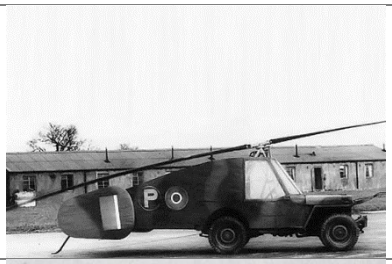
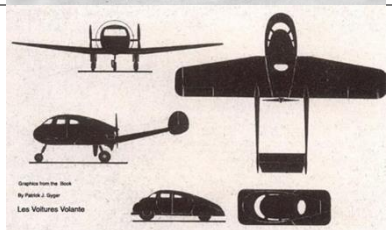
Açıkça görülmektedir ki, 1841 yılından günümüze kadar birçok tasarım yapılmıştır. Tablo 1'de bu bölümde belirtilen araçların tamamına ait kronolojik bir liste sunulmuştur.

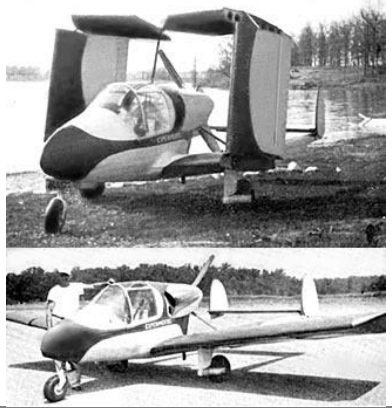
Tablo 1. Kişisel Hava Araçları

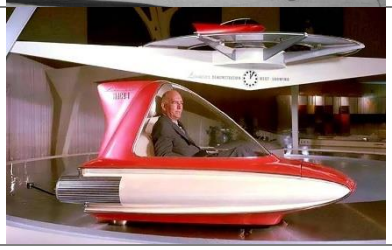
No	Yıl	Adı	Menşei	Görsel
1	1841	Henson Aerial Steam Carriage	Amerika	
2	1901	Whitehead No. 21	Amerika	
3	1905	Vuia 1	Fransa	
4	1917	Curtiss Autoplane	Amerika	
5	1918	Combination Vehicle	Amerika	

6	1921	Tampier Avion-Automobile	Fransa	
7	1923	Pitcairn PCA-2	Amerika	
8	1924	Nutley	Amerika	
9	1931	Stout Skycar I	Amerika	
10	1932	Waterman Whatsit	Amerika	
11	1934	Skroback Roadable Airplane	Amerika	
12	1935	Autogiro Company of America AC-35	Amerika	

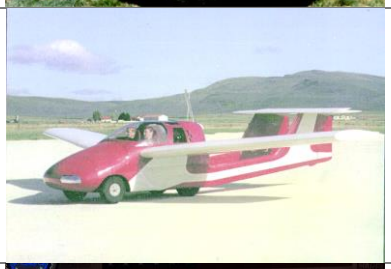
13	1935	Waterman Arrowbile	Amerika	
14	1935	Vlachos Triphibian	Amerika	
15	1938	Gwinn Aircar	Amerika	
16	1939	Southernaire Roadable Flying Car	Amerika	
17	1940	Dixon Flying Ginny	Amerika	
18	1941	Stout Skycar II	Amerika	

19	1942	Hafner Rotabuggy	İngiltere	
20	1943	Stout Skycar III	Amerika	
21	1944	Stout Skycar IV	Amerika	
22	1944	Airmaster Autoplane Flying Car	Amerika	
23	1945	Norman Bel Geddes Flying Car Model	Amerika	
24	1946	Convair Model 116 ConVairCar	Amerika	
25	1946	Fulton Airphibian	Amerika	

26	1947	Zuck-Whitaker Plane-Mobile	Amerika	
27	1947	Convair Model 118 ConVairCar	Amerika	
28	1949	Aerocar I N4994P	Amerika	
29	1949	Aerauto PL.5C	İtalya	
30	1950	Aircoupe Autoplane	Amerika	
31	1953	Bryan Autoplane	Amerika	

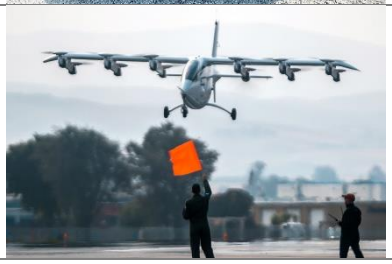
32	1954	Aerocar I N101D	Amerika	
33	1956	Aerocar I N103D	Amerika	
34	1957	Aerobile	Amerika	
35	1958	Ford Volante	Amerika	
36	1958	Curtiss-Wright VZ-7	Amerika	
37	1959	Chrysler VZ-6	Amerika	
38	1959	Piasecki VZ-8 Airgeep	Amerika	
39	1959	Ford Levacar	Amerika	

40	1959	Halsmer Aero Car	Amerika	
41	1960	Aerocar I N102D	Amerika	
42	1968	Aerocar III N4345F	Amerika	
43	1965	Wagner Aerocar	Almanya	
44	1966	Aerocar II N107D	Amerika	
45	1973	AVE Mizar	Amerika	
46	1973	Lebouder Autoplane	Fransa	

47	1974	Moller M200G Volantor	Amerika	
48	1981	AviAuto	Amerika	
49	1990	Sky Commuter	Amerika	
50	1998	Aerocar 2000	Amerika	
51	2001	SkyRider X2R	Amerika	
52	2001	Moller M400 Skycar	Amerika	
53	2004	Urban Aeronautics X-Hawk	İsrail	

54	2005	Monster Garage "Red Baron"	Amerika	
55	2007	CaravellAir	Amerika	
56	2008	I-TEC Maverick	Amerika	
57	2008	Parajet Skycar	İngiltere	
58	2008	Martin Jetpack	Yeni Zelanda	
59	2009	AirMule	İsrail	
60	2009	Butterfly Super Sky Cycle	Amerika	

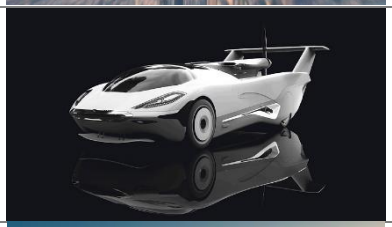
61	2009	Terrafugia Transition	Amerika	
62	2009	Samson Switchblade	Amerika	
63	2009	Pegasus E-Class	Avustralya	
64	2010	Plane Driven PD-1	Amerika	
65	2010	Plane Driven PD-2	Amerika	
66	2011	Scaled Composites Model 367 BiPod	Amerika	
67	2011	The Flying Maruti	Hindistan	

68	2012	PAL-V Liberty	Hollanda	
69	2013	Volocopter VC200	Almanya	
70	2013	Terrafugia TF-X	Amerika	
71	2014	AeroMobil 3.0	Slovakya	
72	2014	Antelope	İngiltere	
73	2014	Wisk Aero Z-P2	Amerika	

74	2015	JetPack JB10	Amerika	
75	2015	EHang 184	Çin	
76	2015	Carplane	Almanya	
77	2017	AeroMobil 4.0	Slovakya	
78	2017	Lilium Jet	Almanya	
79	2018	JetPack JB11	Amerika	
80	2018	Lazareth LMV 496	Fransa	

81	2018	The Speeder	Amerika	
82	2018	Hoverbike S3	Rusya	
83	2018	EHang 216	Çin	
84	2018	Audi Pop.Up Next	Almanya	
85	2018	Aston Martin Volante Vision	İngiltere	
86	2018	Alauda Airspeeder	Avustralya	
87	2018	TUSİ	Türkiye	

88	2018	Jetson One	İsveç	
89	2019	XTURISMO	Japonya	
90	2019	Baykar Cezeri	Türkiye	
91	2019	Boeing NeXt	Amerika	
92	2019	Aska	Amerika	
93	2020	SkyDrive Cartivator	Japonya	
94	2020	Firenze Lanciare	Amerika	

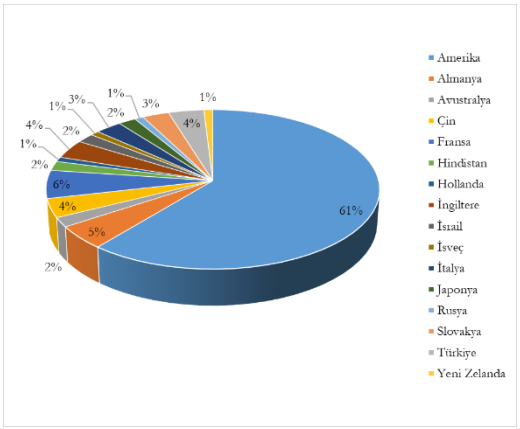
95	2020	Manta Aircraft ANN2	İtalya	
96	2020	Manta Aircraft ANN4	İtalya	
97	2021	AirCar	Türkiye	
98	2021	XPeng Voyager X2	Çin	
99	2021	Klein Vision AirCar	Slovakya	
100	2021	XPeng HT Aero	Çin	
101	2021	MACA S11	Fransa	
102	2021	THY Teknik Esinti	Türkiye	

103	2021	Vinata Aeromobility	Hindistan	
104	2021	Renault Air4	Fransa	
105	2022	Alef Model A	Amerika	

Bulgular

Kişisel hava araçları son yılların popüler konularından biri olmuştur. Gelişen teknoloji sayesinde özellikle son 10 yılda kişisel hava aracı pazarına ilgi oldukça artmıştır. Mevcut karayolu ulaşım sistemi sorununa çözüm olabilecek düşey iniş kalkış sisteminin, son yıllarda daha fazla tercih edildiği tespit edilmiştir. Bunun sebebinin kalkış esnasında gerekebilecek özel pist vb. ihtiyaçların önüne geçmek olduğu düşünülmektedir. Bunlara ek olarak tanıtılan yeni araçlarda alternatif enerji kaynaklarının kullanımı (elektrik, hidrojen vb.) söz konusu olup, karbon salınımını en aza indirebilecek çevreci yaklaşımların benimsendiği görülmektedir.

1841 yılından günümüze kadar yapılan çalışmaların ülkelere göre dağılımları Şekil 8'de verilmiştir. Son 10 yıla kadar yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunun Amerika'da gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Mevcut çözüm ve pazar potansiyelinin keşfedilmesinden sonra diğer ülkelerin de bu konu hakkında girişimlerde bulundukları ve bağımsız çözümler üretmeye çalıştıkları görülmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar sayesinde ülkemiz de kişisel hava araçları pazarında yerini almıştır. Ülkemizde bu konu hakkında yapılan çalışmalar devam etmektedir. Gelecekte daha da fazla yerli girişimin olacağı şüphesizdir.



Şekil 8. Kişisel Hava Araçlarının Ülkelere Göre Oransal Dağılımı

KAYNAKÇA

Abdullah, M., Dias, C., Muley, D. ve Shahin, M. (2020). Exploring the impacts of COVID-19 on travel behavior and mode preferences. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, *8*(October), 100255. doi:10.1016/j.trip.2020.100255

Anonim. (2016). AirMule: Autonomous Cargo Delivery, Beyond Line of Sight. *Defense Update*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://defense-update.com/20160104_airmule.html adresinden erişildi.

Anonim. (2018, Ocak). JetPack Aviation Introduces JB11 Prototype At CES 2018. *Aero News Network*. http://www.aero-news.net/index.cfm?do=main.textpost&id=cf4cdac2-8151-4d56-80b0-8b609ec71f8f adresinden erişildi.

Anonim. (2019). Boeing'in NeXt programında ilk uçuş başarıyla tamamlandı. *Bağımsız Havacılar*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://www.bagimsizhavacilar.com/boeingin-next-programinda-ilk-ucus-basariyla-tamamlandi/ adresinden erişildi.

Anonim. (2020a). Tarihten bugüne uçan arabalar. *Yeni Asır*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://www.yeniasir.com.tr/cumartesi/2020/11/21/tarihten-bugune-ucan-arabalar adresinden erişildi.

Anonim. (2020b). The CaravellAir: Caravella Aerospace's Proof-of-Concept Roadable Aircraft. *Transport Up*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://transportup.com/headlines-breaking-news/vehicles-manufactures/the-caravellair-caravella-aerospaces-proof-of-concept-roadable-aircraft/ adresinden erişildi.

Anonim. (2020c). CES 2020: The Pegasus Flying Car Takes Off... Quietly. *Tech Briefs*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/stories/blog/35854 adresinden erişildi.

Anonim. (2021a). World's Largest Flying Car Archive. *Story Cars*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://www.story-cars.com/world-s-largest-flying-car-archive-part-1-of-3 adresinden erişildi.

Anonim. (2021b). THY Teknik A.Ş. Yeni Hava Aracı Esinti'yi Tanıttı. *Havacılık ve Uzay Portalı*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://www.havauzay.org/thy-teknik-a-s-yeni-hava-araci-esintiyi-tanitti.html adresinden erişildi.

Anonim. (2021c, 22 Temmuz). Bilişim Vadisi'nde geliştirildi, 2025'te İstanbul semalarında olacak. *Haber Türk*. https://www.haberturk.com/iste-yerli-ucan-araba-aircar-haberler-3140840-teknoloji adresinden erişildi.

Anonim. (2022a). Whitehead No.21. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Whitehead_No._21 adresinden erişildi.

Anonim. (2022b). Vuia 1. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Vuia_1 adresinden erişildi.

Anonim. (2022c). Curtiss Autoplane. *All Car Index*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://www.allcarindex.com/production/united-states/curtiss/autoplane/ adresinden erişildi.

Anonim. (2022d). Tampier Avion-Automobile. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Tampier_Avion-Automobile adresinden erişildi.

Anonim. (2022e). The Weird History of Flying Cars From 1841 To Present. *Themindcircle*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://themindcircle.com/the-weird-history-of-flying-cars/ adresinden erişildi.

Anonim. (2022f). The Sky Cars by William Stout. 20 Aralık 2022 tarihinde https://vk.com/@englishdigest-skycar adresinden erişildi.

Anonim. (2022g). Stout Skycar. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Stout_Skycar#cite_note-Aerofilesstout-1 adresinden erişildi.

Anonim. (2022h). Waterman Arrowbile. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Waterman_Arrowbile adresinden erişildi.

Anonim. (2022i). Skroback Roadable Airplane. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Skroback_Roadable_Airplane adresinden erişildi.

Anonim. (2022j). Gwinn Aircar. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Gwinn_Aircar adresinden erişildi.

Anonim. (2022k). Zuck-Whitaker Plane-Mobile. *All Aero*. 20 Aralık 2022 tarihinde http://www.all-aero.com/index.php/57-planes-x-y-z/17075-zuck-whitaker-plane-mobile adresinden erişildi.

Anonim. (2022l). Aerocar. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Aerocar adresinden erişildi.

Anonim. (2022m). Martin Jetpack. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Martin_Jetpack adresinden erişildi.

Anonim. (2022n). Samson Switchblade. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Samson_Switchblade adresinden erişildi.

Anonim. (2022o). Plane Driven PD-1. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Plane_Driven_PD-1 adresinden erişildi.

Anonim. (2022p). Volocopter VC200. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/volocopter/ adresinden erişildi.

Anonim. (2022q). Terrafugia TF-X. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/terrafugia-tf-x/ adresinden erişildi.

Anonim. (2022r). AeroMobil s.r.o. AeroMobil. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/AeroMobil_s.r.o._AeroMobil adresinden erişildi.

Anonim. (2022s). Bellwether Industries Antelope. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/bellwether-industries-antelope adresinden erişildi.

Anonim. (2022t). Wisk Aero (formerly Zee Aero) Z-P2 (Generation 3). https://evtol.news/wisk-aero-formerly-zee-aero-z-p2-generation-3 adresinden erişildi.

Anonim. (2022u). EHang. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/EHang adresinden erişildi.

Anonim. (2022v). EHang 216. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/ehang-216/ adresinden erişildi.

Anonim. (2022w). Carplane GmbH Carplane. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Carplane_GmbH_Carplane adresinden erişildi.

Anonim. (2022x). Lilium Jet. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Lilium_Jet adresinden erişildi.

Anonim. (2022y). Aston Martin Volante Vision. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/aston-martin-volante/ adresinden erişildi.

Anonim. (2022z). Alauda Airspeeder. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/alauda-airspeeder/ adresinden erişildi.

Anonim. (2022aa). Jetson ONE. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/jetson-one adresinden erişildi.

Anonim. (2022ab). A.L.I. Technologies XTURISMO. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/ali-technologies-xturismo/ adresinden erişildi.

Anonim. (2022ac). Baykar Cezeri. *Wikipedia*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://tr.wikipedia.org/wiki/Baykar_Cezeri adresinden erişildi.

Anonim. (2022ad). Manta Aircraft ANN2. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/manta-aircraft-ann2 adresinden erişildi.

Anonim. (2022ae). Manta Aircraft ANN4. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/manta-aircraft-ann4 adresinden erişildi.

Anonim. (2022af). XPeng Voyager X2. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/xpeng-voyager-x2 adresinden erişildi.

Anonim. (2022ag). XPeng HT Aero Flying Car. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/xpeng-ht-aero-flying-car adresinden erişildi.

Anonim. (2022ah). Vinata Aeromobility. *Electric VTOL News*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://evtol.news/vinata-aeromobility adresinden erişildi.

Aslanhan, U. (2022, Eylül). İGÜ tarafından tasarlanan uçan araba TUSİ Airtaxi Dünya Kongresi'nde sergilendi. *Anadolu Ajansı*. https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/egitim/igu-tarafindan-tasarlanan-ucan-araba-tusi-airtaxi-dunya-kongresinde-sergilendi/675448#:~:text=İsmini 13%27üncü yüzyılda yaşayan,faydalı yük taşıma kapasitesi bulunuyor. adresinden erişildi.

Blain, L. (2016, Kasım). JB-10 Jetpacks now on sale to "well qualified buyers" – but there's also a chance for the rest of us. *New Atlas*. https://newatlas.com/jb10-jetpack-european-flights-on-sale-contest/46387/ adresinden erişildi.

Blain, L. (2022a, Ocak). JetPack Aviation speeds on with 2nd-gen flying motorcycle tests. *New Atlas*. https://newatlas.com/aircraft/jetpack-aviation-speeder-p15-prototype/ adresinden erişildi.

Blain, L. (2022b, Mart). Suzuki joins SkyDrive's push to build an eVTOL flying car by 2025. *New Atlas*. https://newatlas.com/aircraft/suzuki-skydrive-evtol/ adresinden erişildi.

Cha, J., Yun, J. ve Hwang, H. Y. (2021). Initial sizing of a roadable personal air vehicle using design of experiments for various engine types. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, *93*(11), 1–14. doi:10.1108/AEAT-04-2020-0073

Chakravarty, P. (2011, Şubat). India's "flying Maruti" that looks back to the future. *Times 2*. https://www.sundaytimes.lk/110213/Timestwo/t2_04.html adresinden erişildi.

Chellaswamy, C., Balaji, L. ve Kaliraja, T. (2020). Renewable energy based automatic recharging mechanism for full electric vehicle. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, *23*(3), 555–564. doi:10.1016/j.jestch.2019.07.007

Christidis, P., Christodoulou, A., Navajas-Cawood, E. ve Ciuffo, B. (2021). The post-pandemic recovery of transport activity: Emerging mobility patterns and repercussions on future evolution. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(11), 1–17. doi:10.3390/su13116359

Curtiss, G. H. (1919). Autoplane. Amerika: Glaenn H. Curtiss.

Dent, S. (2021, Kasım). Renault's cult "4" reimagined as a real flying car. *Engadget*. https://www.engadget.com/renault-repurposes-one-if-its-iconic-models-as-the-air-4-flying-car-115051586.html adresinden erişildi.

Downey, L., Fonzone, A., Fountas, G. ve Semple, T. (2022). The impact of COVID-19 on future public transport use in Scotland. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *163*(June), 338–352. doi:10.1016/j.tra.2022.06.005

Europion Union. (2020). *Energy, transport and environment statistics* (2020 Ed.). Imprimeries Bietlot Frères. https://ec.europa.eu/eurostat/about/policies/copyright adresinden erişildi.

Fawcett, W. (1901, 8 Haziran). A New Flying Machine. *Scientific American*, 357. https://www.jstor.org/stable/e24980924 adresinden erişildi.

Galiveeti, H. R., Goswami, A. K. ve Dev Choudhury, N. B. (2018). Impact of plug-in electric vehicles and distributed generation on reliability of distribution systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, *21*(1), 50–59. doi:10.1016/j.jestch.2018.01.005

Gorant, J. G. (2020, Kasım). This Flying Supercar Concept Is Faster Than Your Lambo—in the Air and on the Ground. *Robb Report*. https://robbreport.com/motors/aviation/firenze-lanciare-flying-supercar-concept-1234578963/ adresinden erişildi.

Hodgson, J. E. (1943). Henson's "Aerial Steam Carriage," 1843. *The Journal of the Royal Aeronautical Society*, *47*(388), 118–128. doi:10.1017/S0368393100106066

Jump, M., Padfield, G. D., White, M. D., Floreano, D., Fua, P., Zufferey, J.-C., … Bülthoff, H. H. (2011). myCopter: Enabling Technologies for Personal Air Transport Systems. *37th European Rotorcraft Forum, ERF 2011* içinde (C. 1, ss. 336–347). Vergiate: Curran Associates, Inc. http://www.kyb.tuebingen.mpg.defileadmin/user_upload/files/publications/2011/RAeS-Spring-2011-Nieuwenhuizen.pdf adresinden erişildi.

Labonté-Lemoyne, É., Chen, S. L., Coursaris, C. K., Sénécal, S. ve Léger, P. M. (2020). The unintended consequences of covid-19 mitigation measures on mass transit and car use. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(23), 1–13. doi:10.3390/su12239892

Levinson, D. M., Gillen, D. ve Kanafani, A. (1998). The social costs of intercity transportation: A Review and comparison of air and highway. *Transport Reviews*, *18*(3), 215–240. doi:10.1080/01441649808717014

Longobardi, F. (1918). Combination Vehicle. Amerika: Felix Longobardi.

Markus, F. (2022, Ocak). MACA S11 Flying Carcopter Formula Racer: Competition Is in the Air. *Motortrend*. https://www.motortrend.com/events/maca-s11-flying-carcopter-formula-racer adresinden erişildi.

Medlock, K. B., Temzelides, T. ve Hung, S. Y. (Elsie). (2021). COVID-19 and the value of safe transport in the United States. *Scientific Reports*, *11*(1), 1–12. doi:10.1038/s41598-021-01202-9

Monterde-I-bort, H., Sucha, M., Risser, R. ve Kochetova, T. (2022). Mobility Patterns and Mode Choice Preferences during the COVID-19 Situation. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(2), 1–13. doi:10.3390/su14020768

Munawar, H. S., Khan, S. I., Qadir, Z., Kouzani, A. Z. ve Mahmud, M. A. P. (2021). Insight into the impact of COVID-19 on Australian transportation sector: An economic and community-based perspective. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(3), 1–24. doi:10.3390/su13031276

Nieuwenhuizen, F. M., Jump, M., Perfect, P., White, M. D., Padfield, G. D., Floreano, D., … Bülthoff, H. H. (2011). myCopter- Enabling Technologies for Personal Aerial Transportation Systems. *3rd International HELI World Conference* içinde (ss. 1–8). Frankfurt.

http://www.kyb.tuebingen.mpg.defileadmin/user_upload/files/publications/2011/HeliWorld-2011-Nieuwenhuizen.pdf adresinden erişildi.

Njuguna, M. (2021, Kasım). The Lazareth LMV 496 Is A Limited Edition Flying Motorcycle That's Worth Every Penny. *Hotcars*. https://www.hotcars.com/lazareth-lmv-496-is-a-limited-edition-flying-motorcycle-thats-worth-every-penny/ adresinden erişildi.

Orro, A., Novales, M., Monteagudo, Á., Pérez-López, J. B. ve Bugarín, M. R. (2020). Impact on city bus transit services of the COVID-19 lockdown and return to the new normal: The case of A Coruña (Spain). *Sustainability (Switzerland)*, *12*(17). doi:10.3390/su12177206

Öztaş Karlı, R. G. ve Çelikyay, H. S. (2022). Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) Üzerine Türkiye'deki Politikaların Araştırılması. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, *5*(2), 1–14. doi:10.51513/jitsa.1090659

Patches, M. (2015). The Long, Weird History of the Flying Car. *Popular Mechanics*. 20 Aralık 2022 tarihinde https://www.popularmechanics.com/technology/infrastructure/g2021/history-of-flying-car/ adresinden erişildi.

Patrascu, D. (2019, Ocak). Hoversurf Hoverbike S3 - Drone Powered Individual Flying. *Autoevolution*. https://www.autoevolution.com/news/hoversurf-hoverbike-s3-drone-powered-individual-flying-131418.html# adresinden erişildi.

Przybylowski, A., Stelmak, S. ve Suchanek, M. (2021). Mobility behaviour in view of the impact of the COVID-19 pandemic-public transport users in gdansk case study. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(1), 1–12. doi:10.3390/su13010364

Reed, J. (2022, Mayıs). ASKA Targets 2026 Commercial Launch of "Drive and Fly" eVTOL. *Aviation Today*. https://www.aviationtoday.com/2022/05/04/aska-evtol/ adresinden erişildi.

Rodrigue, J.-P., Comtois, C. ve Slack, B. (2013). *The Geography of Transport Systems* (Third Edit.). Oxon: Routledge. doi:10.4324/9781315618159-8

Santos, G., Behrendt, H., Maconi, L., Shirvani, T. ve Teytelboym, A. (2010). Part I: Externalities and economic policies in road transport. *Research in Transportation Economics*, *28*(1), 2–45. doi:10.1016/j.retrec.2009.11.002

Semple, T., Fonzone, A. ve Fountas, G. (2022). *The impact of COVID-19, climate change and working from home on travel choices*. Edinburgh. http://arxiv.org/abs/2205.01027 adresinden erişildi.

Shankland, S. (2022, Kasım). See the Alef Model A Flying Car Prototype. *Cnet*. https://www.cnet.com/roadshow/pictures/see-the-alef-model-a-flying-car-prototype/ adresinden erişildi.

Spellerberg, I. F. (1998). Ecological effects of roads and traffic: A literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters*, *7*(5), 317–333. doi:10.1046/j.1466-822X.1998.00308.x

Sussman, J. M. (2005). *Intelligent Transportation Systems (ITS). Intelligent Transportation Systems (ITS)*. Springer Science+Business Media, Inc. doi:10.3390/books978-3-0365-0507-7

Sweeney, E. C. (1998). Aerocar 2000. *1998 World Aviation Conference* içinde (ss. 1–14). California: SAE International.

Tampier, R. (1934). The "Avion" Automobile. *Aircraft Engineering*, 265–267.

Ton, D., Arendsen, K., de Bruyn, M., Severens, V., van Hagen, M., van Oort, N. ve Duives, D. (2022). Teleworking during COVID-19 in the Netherlands: Understanding behaviour, attitudes, and future intentions of train travellers. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *159*(March), 55–73. doi:10.1016/j.tra.2022.03.019

Torbacki, W. (2021). Achieving sustainable mobility in the Szczecin metropolitan area in the post-COVID-19 era: The DEMATEL and PROMETHEE II approach. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(22). doi:10.3390/su132212672

Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı. (2022). *2021 Trafik ve Ulaşım Bilgileri: Otoyollar ve Devlet Yollarının Trafik Dilimlerine Göre Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri ve Ulaşım Bilgileri*. https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Istatistikler/TrafikveUlasimBilgileri/21TrafikUlasimBilgileri.pdf adresinden erişildi.

Tsavdari, D., Klimi, V., Georgiadis, G., Fountas, G. ve Basbas, S. (2022). The Anticipated Use of Public Transport in the Post-Pandemic Era: Insights from an Academic Community in Thessaloniki, Greece. *Social Sciences*, *11*(9), 1–23. doi:10.3390/socsci11090400

TÜİK. (2022). *Motorlu Kara Taşıtları, Ocak 2022*. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Ocak-2022-45704 adresinden erişildi.

Vance, J. (2022). *A Virtual Reality Environment for Spherical Mechanism Design*. Iowa. https://www.me.iastate.edu/jmvance/a-virtual-reality-environment-for-spherical-mechanism-design-3/ adresinden erişildi.

Vickerman, R. (2020). Will Covid-19 put the public back in public transport ? A UK perspective. *Transport Policy*, *103*, 95–102.

Wheatley, J. B. (1932). *Lift and Drag Characteristics and Gliding Performance of an Autogiro as Determined in Flight*. Washington.

Yılmaz, A. ve Ulvi, H. (2022). Kentsel Hava Sahasında İnsansız Hava Aracı Sistemleri Trafik Yönetimi için Verilmesi Gereken Hizmetler ve Kullanılabilecek Bazı Teknolojiler. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, *4*(1), 8–18.

Bulanık Mantık ve Uygulama Alanları

Öznur SUÇEKEN[1]
Gül Fatma TÜRKER[2]

1. GİRİŞ

İnsanlar geçmişten günümüze birçok durumu anlatırken belirsiz, kesin olmayan betimlemeler kullanmıştır. Örnek olarak genç, yaşlı, kısa, uzun, soğuk, sıcak, parçalı bulutlu, yavaş, hızlı, az, çok, biraz, çok fazla gibi sözel betimlemeler verebiliriz (Altaş & Mantık, 1999). Matematiğin kesinliğinden yararlandığımız yeni çağdaki sembolik mantık, günlük hayatta kesinlik içermeyen davranışlarımızı açıklarken yetersiz kalmıştır (Keskenler & Keskenler, 2017).

19.yy'ın sonlarında Heisenberg "belirsizlik" kavramını kullanarak belirsizlik terimlerinin bilimsel alanlarda harmanlanmasına yol açmıştır. Bulanıklık terimi, herhangi bir duruma verilecek olan değerin mantıksal işlemleri tam olarak kesinleştirilememesi durumudur (Gültekin, 2021). Bulanık mantık ise beynimizin kesin olmayan durumlarda nasıl davranıp karar verdiğini anlatmaktadır.

Lotfi A. Zadeh 1965 tarihindeki araştırmasında belirsiz sistemlerin analizi için geliştirdiği bulanık küme teorisini anlatmıştır. Zadeh bu araştırmada bulanık mantığı genel olarak şöyle tanımlamıştır:

- Bulanık mantık, kesin değerli düşünmeler yerine, yaklaşık düşünmeleri kullanır.
- Bilgi, dilsel betimlemeler şeklindedir. (Küçük, büyük, az, çok vb.)
- Her şey [0, 1] arasında derecelenerek gösterilir.
- Mantıksal tüm sistemler, bulanık da ifade edilebilir.
- Matematiksel modellerin çıkartılması zor olan sistemler için çok uygundur (Gültekin, 2021).

Bulanık mantığın kullanım alanları oldukça geniştir. Otomatik kontrol sistemleri (robotik, otomasyon, ticari elektronik ürünler vb.), bilgi sistemleri, görüntü tanımlama, optimizasyon teknolojileri örnek olarak verilebilir (Keskenler & Keskenler, 2017).

Klasik mantık ve bulanık mantık arasındaki farkı daha net görmek için kümeler üzerinden inceleyelim. İki değerli mantık sistemine klasik mantık denir. Yani bir önerme ya doğrudur ya da yanlıştır. Bir P(x) önermesini doğru yapan değerler A kümesi, yanlış yapan değerler A'nın tümleyen

[1] Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, Orcid num:0000-0002-6184-2142
[2] Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, Orcid num: 0000-0001-5714-5102

kümesidir deriz. Bu iki kümenin birleşimi evrensel kümeyi(E) oluşturur. İki kümenin kesişimi ise boş küme olmalıdır (Altaş & Mantık, 1999). Yani ifadeleştirilen durum doğru(1) ya da yanlış(0) olmak dışında başka değerler alamaz. Ancak gündelik hayatımızda böyle kesin çerçevelerimiz yoktur. Böylece klasik mantık ile ifade edilemeyen durumlar bulanık mantık ile ifade edilebilir ve bir ifade 0 - 1 arasında değer alabilir.

Bulanık mantık, bilgisayar sistemlerine uygulanınca, makineler insan yaşamındaki belirsiz kararları algılayabilir duruma gelmiştir (Gültekin, 2021). Bulanık mantığın kullanım alanlarına bir örnek olarak verdiğimiz kontrol sistemlerindeki ilk uygulama Mamdani'nin buhar makinesi kontrolüdür. "Eğer türbinin hızlanma ivmesi yükseliyorsa basınç çok düşünce buhar vanasını bir miktar aç" kuralıyla sistem oluşturulmuştur. Böylece Mamdani, dil bilimsel betimlemenin bilgisayarlar tarafından kolayca işlem gördüğünü göstermiştir (Keskenler & Keskenler, 2017).

Tarihteki ilk endüstriyel bulanık mantık uygulaması ise 1982'de Danimarka'daki çimento fabrikasındaki fırının kontrolü olmuştur. Japon bilim insanlarının araştırmaları ile bulanık mantık oldukça hızlı ilerlemiştir (Çınar & ark., 2013).

Bulanık mantıkla yapılan bu çalışmalar, makinelerin insanlara benzer kararlar almasını sağlamıştır. Her gün evlerimizde kullanılan ev aletlerinin bulanık mantık işlemlerini kullanması ile büyük ölçüde zaman ve enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Bulanık mantık çözümleri, gerçek dünyayla daha uyumlu olduğu için, doğal kural tabanlarıyla doğrusal olmayan kontrol çözümlerine kıyasla daha iyi uygulanabilir. Böylece sistemler daha duyarlı hale getirilebilir. Çoğu kontrol sistemi çok girişli olduğu için oldukça zor kurallar zinciri oluşturur. Ancak bulanık mantık kullanılarak oluşturulan bir kontrol sistemi çok sayıdaki "if…then" koşullarını sözel ifadelerle birleştirerek kontrolü oldukça basitleştirmektedir. Böylece bulanık mantık çok daha az sayıda girdilerle, program çıktılarını elde edebilir. Kurallar daha kolay bir şekilde programa entegre edilebilir. Örneğin Aptronix Inc.' nin geliştirdiği 2 girişli bir ısı kontrol sisteminde 64 kilobaytlık bir bellek kullanılırken bulanık mantık ile kullanılınca 0.5 kilobaytlık bir bellek kullanılmıştır (Altaş & Mantık, 1999). Sonuç olarak bulanık mantık, denetlemenin gerçekleşmesini çok daha basit ve ucuz kılmıştır.

Belirsiz olan değerler, "bulanık sayılar" olarak da adlandırılabilen ve bulanık kümeleri şekillendiren üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanır. Bulanık sayılar, yine bulanık bir ortamda insanın karar mekanizmasına benzer olarak "if…then…else…" şeklindeki kural yürütme işlemlerine sokularak yine bulanık bir sonuca ulaşılır. Böylece bulanık küme işlemleriyle bulanık modelleme tasarımları ve yazılımları yapılır. Bulanık küme teorisi aslında Boolean mantığı veya olasılık mantığından farklı değildir. Sadece daha genel hale getirmektedir (Altaş & Mantık, 1999).

BULANIK MANTIK SİSTEMİ

Bu bölümde genel hatlarıyla anlatılan bulanık mantığın işleyişi ve uygulamaları hakkında açıklamalar yapılmıştır. Bulanık mantık sistemi aslında matematiğin gerçek dünyaya uygulanmasıdır. Bulanık mantık, makinelere insanların önsezi ve deneyimlerini yansıtabilme, işleyebilme yeteneği kazandırır. Bu işlenme sırasında sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanılır. Sembolik ifadelerin makinelerin ortamına aktarılması da bir matematiksel temele dayanır. Bu temele "bulanık kümeler kuramı" ve "bulanık mantık yaklaşımı" denir.

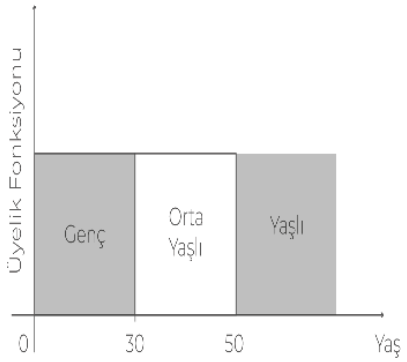
Klasik mantıkta (0,1) şeklinde iki seviyeli ifade şekli kullanılırken, bulanık mantıkta [0,1] aralığında çok seviyeli şekilde bir ifade kullanılır (Ertuğrul, 2006). Klasik mantıkta kümeler kesinlik taşır, kısmi üyelik yoktur. Yani 0 ve 1 mantığındadırlar. Bulanık mantık ise yaklaşık durumlar içerir ve bir eleman birden fazla kümede bulunabilir. Bir t elemanının P kümesi ile ilişkisi için klasik çözümdeki karakteristik fonksiyonu $\mu P(t) = 1$ ise t, P kümesinin elemanı demektir ve $\mu P(t) = 0$ ise t, P kümesinin elemanı değil demektir. Böylece bir nesne, bir kümeye ya aittir ya da değildir. Bulanık

mantıkla olan çözümde ise kısmi üyelik olabileceği için üyelik derecesi, üyelik fonksiyonu denen bir karakteristik fonksiyon ile tanımlanır:

$\mu P(t):U \rightarrow [0,1]$

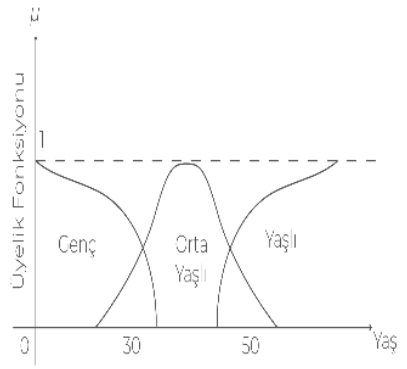
U genel küme, P, U'nun bulanık alt kümesidir.

Bir yaş örneğine bakalım. Klasik küme yöntemiyle Şekil 1, bulanık küme yöntemiyle Şekil 2 oluşturulmuştur.



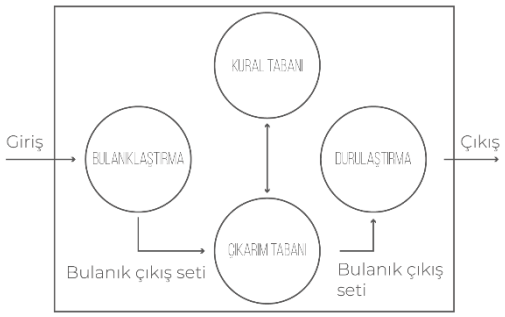
Şekil 1. Klasik Küme (Tiryaki & Kazan, 2007)

Şekil 1'de görüldüğü üzere 30 yaşına kadar olan grup genç, 30-50 yaş arası orta yaşlı, 50 üstü grup da yaşlı olarak gösterilmiştir. Buna göre 48 yaşındaki biri orta yaşlı grubuna girmekte ve başka hiçbir gruba girmemektedir. Bu bir klasik çözüm örneğidir (Tiryaki & Kazan, 2007).



Şekil 2. Bulanık Küme (Tiryaki & Kazan, 2007)

Şekil 2'den yola çıktığımızda 50 yaşındaki biri hem yaşlı hem orta yaşlı grubuna girmektedir. Yani birden çok gruba dahildir ve kısmi üyelik gösterir (Tiryaki & Kazan, 2007). Günlük hayatımızda da yaş gruplarının kesin kısıtları yoktur. Örnekten anlayacağımız üzere bulanık mantık günlük hayatımıza daha yakındır. Böylece daha esnek kurallarla sistemlerimizi oluşturabiliriz.



Şekil 3. Bulanık Mantık Sistemi (Tiryaki & Kazan, 2007)

Şekil 3'te görüldüğü gibi sistemin girdileri belirli aşamalardan geçer ve çıktı olarak sistemden ayrılır. Bulanıklaştırma, sistemden alınan giriş bilgilerini dilsel niteleyicilerle sembolik değerlere dönüştürme işlemidir (Tiryaki & Kazan, 2007). Üyelik işlevlerinden yararlanıp üyelik dereceleri tespit edilerek girilen değerler küçük, en küçük vb. dilsel değişkenler olarak atanır. Modelin giriş ve çıkış değişkenleri belirlenerek, değişkenler için ifade kümeleri seçilir. Giriş ve çıkışlar arası bağlantılar kurulur.

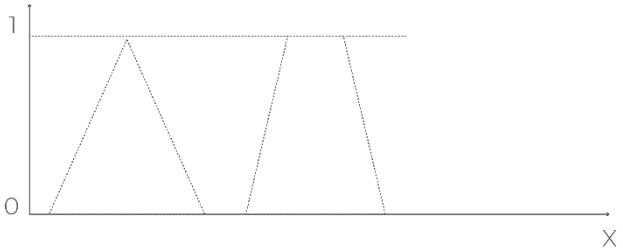
Sistemin girişleri A ve B, çıkışı ise C olursa;

EĞER A = x ve B = y ise O HALDE C = z;

Kuralı A ve B giriş değerlerine göre C çıkışının bulanık değerini belirler (Tiryaki & Kazan, 2007). Bu çıkışın gerçek değerlere dönüştürülmesi işlemine durulaştırma denir. Böylece bulunan bulanık çıkış, gerçek dünya değerine uyarlanır (Altaş, 1999).

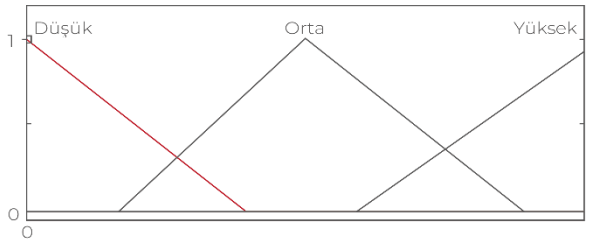
Bulanık Mantık Sisteminde Üyelik İşlevi

Bulanık mantık sisteminde üyelik işlevi temel yapıdadır. Çıktıların değerleri, girdilerin üyelik işlevlerinin durulaştırma işlemi sonucunda belirlenir. Üyelik işlevi bir manada ait olma eğrisi anlamına gelmektedir. Yani girdilerin önem dereceleri bununla belirlenir. En yüksek öneme sahip olan üyelere 1 değeri atanırsa, diğer üyelerin derecelerinin 0 ve 1 arasında değiştiği sonucu çıkarılır (Şen, 2020).



Şekil 4. *Üçgen ve Yamuk Üyelik Fonksiyonu (Akyazı & ark., 2011)*

Şekilde üçgen ve yamuk modellerinin üyelik işlevi gösterilmiştir. Üyelik işlevinin seçimi tercihe bağlıdır ve üçgen, yamuk, gaussian, sinüsoid, cauchy, çan, sigmoid çeşitleri bulunur. Genelde üçgen ve yamuk modelleri kullanılır. Modelleme yapıldıktan sonra bir kural tablosu elde edilir (Akyazı & ark., 2011).



Şekil 5. *Üçgen Üyelik Derecesi (Topal, 2013)*

Şekilde görüldüğü üzere bir üçgen üyelik işlevinin 3 etiketli önem dereceleri gösterilmiştir (Topal, 2013). Ayrıca hepsinin birbirine bir üyeliği vardır. Yani bir değer hem düşük hem orta olabilir veya hem orta hem yüksek olabilir. Bunun sebebi yukarıda belirttiğimiz gibi bulanık mantık sistemindeki elemanların kısmi üyelik göstermesinden kaynaklanmaktadır. Üyelik işlevleri genelde küçük, orta, büyük şeklinde 3 veya küçük, orta küçük, orta büyük, büyük olarak 5 şekilde tek sayı olarak (Topal, 2013). Üyelik dereceleri ve modelleme tamamlandıktan sonra her bir üyelik modeli için kullanılan denklemler vardır. Bu denklemlerin yardımıyla her bir üyelik fonksiyonu Matlab/Simulink'de modellenir ve sistem tasarımı tamamlanmış olur.

BULANIK MANTIĞIN UYGULAMA ALANLARI

Bulanık mantık karar verme veya tahmin analizlerinde sayısal ve sözel ifadeleri içinde barındırır. Bu sayede insanlar için ifadesi zor ve karışık olan durumlar, bilgisayar yardımıyla çözülebilmektedir.



Şekil 6. Bulanık Mantığın Kullanım Alanları

Şekilde de görüldüğü üzere bulanık mantığın yaygın kullanım alanlarında tıp, sosyoloji, mühendislik, psikoloji, yapay zeka, akıllı sistemler, robotik, sinyal işleme, kavşak problemleri örnek verilebilir. El yazısı, nesne tanıma, robot kontrolü, TV alıcılarının ayarlanması, kamera odaklarının yapılması, füzelerin kontrolü, buzdolabı buzlanmasını engelleme, harç makinesi kontrolü, emniyet fren sistemleri, trafik lambaları ve motor programlamalarını ise uygulama alanlarına örnek verebiliriz. Bu kısımda bulanık mantığın uygulama alanlarına göz atacağız (Şen,2020).

Sağlık Alanında Bulanık Mantık Uygulamaları

Geçmişten günümüze, bulanık mantık sağlık sorunlarının teşhisinde yaygın kullanılan bir yöntem olmuştur. Erken kanser teşhisinde kanserin ilk aşamalarında ortaya çıkan belirtilerin, bulanık mantık sistemine girdiler olarak tanıtılmasıyla model tasarlanmış ve %93 oranında başarı sağlamıştır (Yılmaz, 2015). Ayrıca sağlık sistemlerinin değerlendirilmesi (Kahraman, 2014), kalp pili üretimi, yapay organların üretimi, COVID-19 hastalarının durumlarının izlenmesi (Şener & ark., 2022), çocuklarda zatürrenin teşhisi, anestezik maddelerin miktarının ayarlanması, diyabetin erken teşhisi, alkol bağımlılığında antidepresan etkileri gibi birçok alanda sağlığa yön veren çalışmalar yapılmıştır (Zıasabounchı, 2014).

Mühendislik Alanında Bulanık Mantık Uygulamaları

Bulanık mantığın ilk uygulamalarından birinin çimento sanayinde gerçekleştiğini yukarıda belirtmiştik. Daha sonraki önemli adımlardan biri 1987 yılındaki Japonya'daki çalışma olmuştur. Trenlerin otomatik kontrolünde bulanık mantık kullanılması olmuştur. 3 kat daha iyi performans gözlenmiştir ve harcanan enerji %10 azalmıştır. Ayrıca gündelik ev aletleri, ortam sıcaklık denetimleri ve klima sistemlerinde, hava durumu tahminlerinde, kentsel alan tasarımlarında, inşaat mühendisliğinde, bilgisayar sistemlerinde ve havacılık endüstrisinde de bulanık mantık kullanılmaya başlanmıştır (Işıklı, 2008).

Bulanık Mantıkla Uçağın İniş Kontrol Problemi

Uçağın inişi ve son yaklaşma için uygun kontrol kuvveti, bulanık mantıkla hesaplanmaktadır. İstenen irtifa ve düşey hız çiftine denk gelen kontrol kuvvetinin bulunması problemidir. Girdi olarak irtifa ve düşey hız, çıkış olarak da kontrol kuvveti seçilir. Momentum, hız, ivme vb. çeşitli matematiksel denklemler sonucu bulanık çıktılar elde edilerek bu çıktılar durulaştırma sonucu gerçek dünyaya uyarlanır. Böylece bulanık mantık ile kurulan kontrol kuvvetlerinin problem çözümleri için uygun olduğu gösterilir (Kıyak, 2003).

Klima Sistemlerinin Bulanık Mantıkla Kontrolü

Klima sisteminde giriş değişkenleri dış ortamın sıcaklığı, iç ortamın sıcaklığı ve nemin etkisidir. Çıkış değişkenleri ise ısıtıcı ve nemlendiricidir. Sonrasında bu değerlerin üyelik dereceleri tespit edilir. Bu işlemden sonra kural tablosu oluşturulur. Modelleme sonucunda nem ve sıcaklığın değişiminin daha yumuşak olduğuna ulaşılmış ve buna bağlı olarak nem ve ısının değişimini gerçekleştiren mekanizmalara daha kolay ve hızlı ulaşılmıştır (Ahmet & Sinecen, 2004).

Bulaşık Makinelerinde Bulanık Mantık Çözümü

Klasik mantıkta bulaşık makinesi tüm bulaşıkları eşit şartlarda yıkayacaktır. Ancak bu durum bulaşıklara zarar verecektir. Bulaşık makinelerinde önemli olan bulaşıkların zarar görmemesidir. Bunun için bulanık mantık ile kesin olmayan kurallar tablosu oluşturulursa, bulaşıkların özelliklerine göre spesifik yıkama çeşitleri ayarlanabilir. Öncelikle sistemin girdi ve çıktıları, yıkama parametreleri olarak seçilir. Girdiler olan bulaşık miktarı, kirlilik derecesi ve bulaşık cinsine göre en ekonomik ve verimli yıkama şartları hedeflenmiştir. Üyelik fonksiyonları belirlendikten sonra kurallar oluşturulmuştur. Örneğin eğer bulaşık kirlilik derecesi ve miktarı az, bulaşık cinsi hassas ise yıkama süresi çok kısa ve kullanılan deterjan oranı az olmalı yıkamadaki suyun sıcaklık derecesi düşük olmalı, alt ve üst pompa devirleri düşük değerde olmalıdır (Tiryaki & Kazan, 2007).

Tarım, Gıda ve Hayvancılık Alanında Bulanık Mantık Uygulamaları

Bulanık küme teorisine dayanarak gıda sektöründe başarılı işlemlere imza atılmıştır. Etlerin pişme derecelerinin oranlanması (Şahin & Ağaoğlu, 2020), çiğ süt kalitesinin belirlenmesi, gıda firmaları için depo seçimleri, raf ömrü olan gıdaların satış süre tahminleri, alkol analizlerinde bulanık mantık yaygın olarak kullanılmaktadır (Sofu & ark., 2007).

Hayvancılıkta ise büyükbaş hayvanların durumları, sürü takip programları, hayvan ıslahları, kızgınlık tespitleri, hayvan barınakları otomasyon sistemlerinde aktif olarak bulanık mantık çözümleri kullanılmaktadır (Memmedova & Keskin, 2009).

Tarım alanında bulanık mantık uygulamaları ise uzaktan erişimli sera otomasyonları, arazi örtüsü tespitleri, toprağın özelliklerinin ve verimliliğinin analizi, kuraklık riskleri, erozyon tahminleri, kimyasal analizler gerçekleştirilmektedir (Karadavut & Akkaptan).

Çiğ Süt Kalitesinin Bulanık Mantıkla Değerlendirilmesi

Ege Üniversitesi'nde gerçekleştirilen bu çalışmada sistemin girdileri toplam bakteri sayısı (TBS), somatik hücre sayısı (SHS), protein ölçüsüdür. Art arda koşullara sokulan çiğ sütlerin kalitesi, en sondaki çıkış değerine göre sonuca ulaşmaktadır. Çıktı ise çiğ sütün kalitesidir. Sistem MATLAB üzerinde tasarlanmış ve %80 oranında başarı göstermiştir. Bulanık mantık sistemi oluşturulduktan sonra 50 tane çiğ süt incelenmiş ve %80 başarı elde edilmiştir. En önemli değişkenin toplam bakteri sayısı olduğuna varılmıştır(Akıllı & ark., 2014).

Turizm Alanında Bulanık Mantık Uygulamaları

Bulanık mantık yöntemiyle turizm talep tahminleri, lüks otellerin algılanması, otel odası fiyatlarının tahmini gibi çalışmalar yapılmıştır (Şahin & Ağaoğlu, 2020).

Ulaşım Alanında Bulanık Mantık Uygulamaları

Artan araç ve insan nüfusuyla birlikte ulaşım planlamasının sağlıklı bir yapıya getirilmesi şart olmuştur. Günümüzde trafik kontrolü için klasik tekniklere ek olarak ileri trafik kontrol teknikleri de kullanılmaktadır. Bunlardan biri bulanık mantık yöntemiyle oluşturulan tekniklerdir. Kullanıldığı yerlere bakarsak kavşak optimizasyonu, trafik sıkışıklığı, şerit denetimi, rota seçimi, en kısa yol seçimleri, sürücü bilgilendirme sistemleri, ulaşım süre tahminleri, trafik akış ve kontrol simülasyonları, sinyalize kavşakların yönetimi, yol durum tahmini gibi birçok başlık sıralayabiliriz (Tektaş & ark., 2002).

Sinyalize Kavşaklarda Taşıt Gecikmelerinin Bulanık Mantıkla Modellenmesi

Sinyalize kavşaklarda önemli bir problem olan taşıt gecikmesine yönelik olarak bulanık mantık ile çalışılmıştır. Bu modelleme için kırmızı sürenin devre süresine oranı, ortalama taşıt sayısı, trafik hacmi parametreleri dikkate alınmaktadır. Bu parametrelerin üyelik dereceleri tespit edildikten sonra kurallar yazılmıştır. Daha sonra bu kural tablosuna göre hesaplamalar yapılarak yaklaşık gecikme süreleri hesaplanmıştır. Klasik yöntemlere göre, bulanık mantığın çok daha yakın değerlere ulaştırdığı gözlemlenmiştir. Gelecekteki çalışmalarda koordine ya da trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemlerinde de bulanık mantığın modellemeleri kullanılması mümkündür (Murat, 2006).

Eğitimde Bulanık Mantık Örnekleri

COVID-19 sonrasında hayatımızın bir parçası haline gelen uzaktan eğitim kavramında karşımıza bulanık mantık temelli sistemler çıkmıştır. Bu senkron/asenkron sistemlerde bulanık mantık yöntemi kullanılarak öğrenme desenlerinin belirlenmesiyle, ölçme ve değerlendirme yöntemlerinin istenilen seviyelerde ayarlanmasıyla etkin bir kullanım şekli ortaya çıkartılmıştır. Öğretim elemanlarının (Ertuğrul, 2006) ve öğrencilerin performans değerlendirmeleri (Arslan & Zırhlıoğlu, 2021), mesleki yönlendirme programları, akıllı öğretim teknikleri başlıklarında da çalışmalar yapılmıştır (Kazu & Özdemir, 2009). Ayrıca yükseköğretim kurumlarında alınan stratejik kararlar için bulanık mantık yöntemiyle "Bulanık Çok Kriterli Karar Verme " yöntemi geliştirilmiştir (Özdemir & ark., 2019). Bu yöntemin gerçek hayatın esnekliğine uyum sağladığı görülmüştür. Genel olarak bu alandaki çalışmaların akademik başarı ve performans ölçümü konusunda yapıldığı görülmektedir.

Yapay Zeka ve Bulanık Mantık Uygulamaları

Edward Fredkin bir söyleşisinde tarihte üç büyük olay olduğunu belirtmiştir. İlki kainatın oluşumu, ikincisi yaşamın başlangıcı ve üçüncüsü ise yapay zekanın ortaya çıkması (Pirim, 2006).Yapay zeka, insan zekasına benzer kapasitelerle donatılmış bilgisayar sistemleridir ve birçok farklı alandan beslenmektedir. "Makineler düşünebilir mi?" sorusuyla Mathison Turing yapay zekanın doğuşunun temelini atmıştır.

Yapay Zeka Teknikleri

Yapay zekanın kullandığı tekniklere bakarsak:

- Bilgi tabanlı uzman sistem yaklaşımı
- Yapay sinir ağları yaklaşımı
- Bulanık mantık yaklaşımı
- Geleneksel olmayan optimizasyon teknikleri
- Nesne tabanlı programlama
- Coğrafi bilgi sistemleri
- Karar destek sistemleri
- Yumuşak programlama

şeklinde listeleyebiliriz (Tektaş & ark., 2002). Yukarıda gördüğümüz üzere bulanık mantık aslında yapay zekanın tekniklerinden biridir. Yani bulanık mantığın kullanıldığı uygulama alanlarında aslında yapay zekanın da etkilerini görmekteyiz diyebiliriz.

3. SONUÇ

Klasik mantık kesinleştirilmiş sembollerle ilerlemiş ancak hala gündelik hayatımızdaki kesin olmayan, belirsiz durumları tam anlamıyla ifade edememiştir. Ayrıca günümüzdeki birçok sistem gitgide daha çok karmaşıklaşmaktadır. Bu sistemlerin kontrolü ve geliştirilmesinde geleneksel yöntemler yetersiz kalmakta veya yeteri kadar hassas çıktılar üretememeye başlamıştır. Yapılan çalışma sonucunda bulanık mantık ile tasarlanan süreçlerin gerçek hayata uyum derecesinin yüksekliğinden kaynaklı olarak klasik mantıkla yapılan çözümlerden daha başarılı performans gösterdiği gözlemlenmiştir. Bulanık mantığın esnek ifade tarzı, çözüm süreçlerinde karmaşıklığı ortadan kaldırmış ve zaman kazandırmıştır. Gündelik hayatımızdaki problemlerden, savunma sanayi, eğitim, sağlık, turizm, ulaşım ve gıda gibi birçok alanda kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Sağlık alanında bazı hastalıkların belirtilerinden yola çıkılarak bulanık mantık modelleri kurulmuş ve bu hastalıkların başarılı bir şekilde erken teşhisleri konularak tıpa farklı bir yöntem kazandırılmıştır. Mühendislik alanında günlük ev aletlerinden, füzelere kadar açılan geniş bir kullanım yelpazesi vardır. Bu durum bulanık mantığın hayatın her yerinde kullanılabileceğini göstermektedir. Yapılan çalışmalar sonucu bulanık mantıkla kurulan sistemlerin harcadığı zaman ve enerji, klasik mantıkla yapılan çözümlerden oldukça azdır. Böylece maliyeti etkin çözümler bulunmuştur. Alışılagelmiş yöntemler yerine bulanık mantıkla yapılan gıda, hayvancılık ve tarım uygulamalarında sürülerin takibi, hayvanların özellikleri, arazi özellikleri, gıda kalite belirlemeleri örnekleri vardır. Bu çalışmalar sayesinde tarım sektöründe harcamaların azaltılması, canlıların sağlık iyileştirmeleri, yatırımların doğru yapılması sonuçlarını doğurmaktadır. Araştırma sonucunda akıllı ulaşım sistemlerinde sıkça başvurulan bir yöntem olduğu anlaşılan bulanık mantık, ulaşım alanında sağlıklı bir trafik akışını sağlamaktadır. Performansı kanıtlanan bulanık mantık çözümleriyle sürücü bilgilendirme sistemlerinde, trafik akış kontrollerinde ilerleyen yıllarda çok daha kapsamlı çalışmalar yapılabilir. Bulanık mantıkla eğitim alanında tasarlanan sistemler, çocuklarda meslek yönelimi tespitleri, başarı değerlendirmeleri gibi önemli çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Araştırma

sonucunda bulanık mantığın diğer sistemlerle oldukça uyumlu çalışabildiği görülmüştür. Bu sayede kullanım alanları oldukça çeşitlidir ve daha da genişletilebilir. Yapılan çalışmalar geçmiş sorunlara çözüm bulmakla yetinmeksizin yeni yöntemlere adım atılması için bir referans olmaktadır. Bulanık mantığın çözümleri, araştırmacılara farklı bakış açıları geliştirilebileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

Ahmet, Ö. Z. E. K., & SİNECEN, M. (2004). KLİMA SİSTEM KONTROLÜNÜN BULANIK MANTIK İLE MODELLEMESİ. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *10*(3), 353-358.

Akıllı, A., Atıl, H., & Kesenkaş, H. (2014). Çiğ süt kalite değerlendirmesinde bulanık mantık yaklaşımı.

Akyazı, Ö. M. Ü. R., Usta, M. E. H. M. E. T., & Akpınar, H. A. L. İ. L. (2011). Kapalı ortam sıcaklık ve nem denetiminin farklı bulanık üyelik fonksiyonları kullanılarak gerçekleştirilmesi.

Altaş, İ. H., & Mantık, B. (1999). Bulanıklık Kavramı, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e.

Altaş, İ. H. (1999). Bulanık mantık: Bulanık denetim. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, *64*(1999), 76-81.

Arslan, M., & ZIRHLIOĞLU, G. (2021). Öğretmen Performanslarının Bulanık Mantık Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *18*(1), 569-594.

Aslan, T., & Yılmaz, E. (2018). Bulanık Mantık Yöntemi İle Belirsizlik Şartlarında Faaliyet-Hacim-Kar Analizi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, *10*(2), 534-553.

ÇINAR, E., Ulaş, H. B., & Bilgin, M. (2013). Hidrolik silindirin bulanık mantık yöntemi ile konum kontrolü. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, *30*(3), 214-219.

Ertuğrul, İ. (2006). Akademik performans değerlendirmede bulanik mantik yaklaşimi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, *20*(1), 155-176.

GÜLTEKİN, A. (2021). KLASİK MANTIKTAN BULANIK MANTIĞA YAPAY ZEKÂ SERÜVENİ. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (22), 697-714.

IŞIKLI, Ş. (2008). Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler.

Kahraman, Ü. A. (2014). Sağlık sistemlerinde bulanık mantık tabanlı performans analizi ve uygulaması.

Karadavut, U., & AKKAPTAN, A. (2012). Bitkisel üretimde bulanık mantık uygulamaları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 77-82.

Karaduman, T. (2019). Yapay zekâ uygulama alanlari. *Gazi Universitesi, Bilisim Enstitusu, Adli Bilisim. ABD*.

Karataş, İ. (2018). Bulanık mantık ile klasik ve sembolik mantık ilişkisi (karşılaştırılması). *European Journal of Educational and Social Sciences*, *3*(2), 144-163.

Kazu, İ. Y., & Özdemir, O. (2009). Öğrencilerin bireysel özelliklerinin yapay zeka ile belirlenmesi (Bulanık mantık örneği). *Akademik Bilişim*, *11*, 13.

Keskenler, M. F., & Keskenler, E. F. (2017). Bulanık mantığın tarihi gelişimi. *Takvim-i Vekayi*, *5*(1), 1-10.

Kıyak, E. (2003). *Bulanık mantık yöntemiyle uçuş kontrol uygulamaları* (Master's thesis, Anadolu Üniversitesi).

ıyak, E., & Kahvecioğlu, A. (2003). Bulanık mantık ve uçuş kontrol problemine uygulanması.

Kişi, Ö., KARAHAN, M. E., & Şen, Z. (2010). Nehirlerdeki askı maddesi miktarının bulanık mantık ile modellenmesi. *İTÜDERGİSİ/d*, *2*(3).

Kuşçu, D. (2007). *Karar verme süreçlerinde bulanık mantıkyaklaşımı* (Doctoral dissertation, Marmara Universitesi (Turkey)).

MEMMEDOVA, N., & KESKİN, İ. (2009). Hayvancılıkta bulanık mantık uygulamaları. *Selçuk tarım ve gıda bilimleri dergisi*, *23*(47), 89-95.

MURAT, Y. Ş. (2006). Sinyalize kavşaklardaki taşıt gecikmelerinin bulanık mantık ile modellenmesi. *Teknik Dergi*, *17*(83), 3903-3916.

Özdemir, A., Alaybeyoglu, A., & Balbal, K. F. (2019). Bulanık mantığın eğitim alanındaki uygulamaları. *Bilim Eğitim Sanat ve Teknoloji Dergisi*, *3*(1), 45-50.

PİRİM, A. G. H. (2006). Yapay zeka. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, *1*(1), 81-93.

POSTALCIOĞLU, S., & ÇELİK, T. E. BULANIK MANTIK TABANLI SICAKLIK DENETİM GERÇEKLEMESİ. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, *8*(2), 51-59.

Sofu, A., Demir, N., & Ekinci, F. Y. (2007). Gıda bilimi ve teknolojisi alanında yapay zeka uygulamaları. *GIDA*, *32*(2), 93-99.

ŞAHİN, E. Ö., & AĞAOĞLU, B. Gastronomi Alanında Bulanık Mantık Kullanarak Etin Pişme Oranını Tahmin Eden.

Şen, Z. (2020). *Bulanık mantık ilkeleri ve modelleme*. Su Vakfı.

ŞENER, L. T., BOZKAYA, D. N., & KITIR, T. (2022). COVID-19 Sürecinde Yapay Zeka, Dijital Sağlık Tanı ve Tedavisindeki Gelişmeler: COVID-19 Sürecindeki Gelişmeler. *Sağlık Bilimlerinde Yapay Zeka Dergisi (Journal of Artificial Intelligence in Health Sciences) ISSN: 2757-9646*, *2*(1), 13-20.

Tektaş, M., Akbaş, A., & Topuz, V. (2002). Yapay zekâtekniklerinin trafik kontrolünde kullanilmasi üzerine bir inceleme. *Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, Gazi Ü niversitesi, Ankara*.

Tiryaki, A. E., & Kazan, R. (2007). Bulaşık makinesinin bulanık mantık ile modellenmesi. *Mühendis ve Makine*, *48*(565), 3-8.

Topal, M. (2013). *Bulanık Mantık Yöntemi ile Ortak Sınav Otomasyon Programı (Karma)* (Doctoral dissertation, Marmara Universitesi (Turkey)).

Yılmaz, A. (2015). Sinirsel bulanık mantık modeliyle kanser risk analizi.

Zıasabounchı, N. (2014). *Bulanık uzman sistemler kullanılarak tıpta hastalık teşhisi* (Doctoral dissertation, University of Ankara).

Lojistik Regresyon Yardımıyla Buğday Türü Tayini

Arzu ALTIN YAVUZ[1]

Giriş

2019 yılının sonunda başlayan küresel sağlık krizinin ardından yaşanan lojistik ve üretim sıkıntıları pandemi sonrası dünyayı gıda krizine doğru sürüklemiştir. Özellikle tarımda dışa bağlı olan ülkelerde bu durum oldukça yoğun bir biçimde hissedilmektedir. Üretim ve dağıtımdaki arzın azalması beraberinde fiyat artışlarını meydana getirmektedir. Ayrıca dünya nüfusunun giderek artması tarımsal üretimdeki devamlılığı ve artışı zorlamaktadır. Dünyadaki kullanılabilir tarım alanlarının son sınırlarına yaklaşılmış olması, üretim artışının birim alandan sağlanan verimin artırılmasına bağlı olması sonucunu doğurmuştur. Günümüz dünyasında, besin ihtiyacının büyük kısmı buğdaydan karşılanmaktadır. Bu neden ile buğday, stratejik öneme sahip bir bitkidir (Miller & ark., 2011). Yetiştirilmesinin kolay ve maliyetinin düşük olması, yüksek verim ve besin değerine sahip olması nedenleri ile üretimi yaygındır (Arslan, 2018).

2021 yılı itibariyle dünyada buğday ekim alanı 220.659 milyon hektar ve üretimi 773.434 milyon tondur (Tarım Ürünleri Piyasa Raporu, 2021). Buğday, mısır üretiminden sonra en fazla üretilen tahıldır. Dünya buğday üretiminde başı çeken ülkeler %18 ile Çin, %14 ile Hindistan ve %10 ile Rusya'dır. Türkiye'nin dünya buğday üretimi içerisindeki oranı ise % 2 civarındadır. Türkiye'de tahıl ekilebilir alanların yaklaşık yarısında (8.9 milyon hektar) buğday üretimi yapılmaktadır. Yıllık ortalama 19.7 milyon ton olan buğday üretiminin dekar başına verimliliği 221.3 kg'dır. Ayrıca, gıda harcamaları içerisinde önemli bir yeri olan ekmek en önemli tahıl ürünüdür. Ekmek tüketiminde Türkiye ilk sıralarda yer almaktadır. Türkiye'de kişi başı ortalama günlük ekmek tüketim miktarı yaklaşık 300 gram seviyesindedir (Yurdatapan, 2014). Bu nedenle buğday kültür bitkileri içerisinde yer alan en önemli stratejik ürün konumundadır.

Küresel iklim krizinin etkileri ile beraber tüm dünyada olduğu gibi Türkiye için de buğday üretiminin önemi giderek artmıştır. Avrupa ülkelerinin buğday ihtiyacı için görev alan Türkiye'nin buğday talebinin arttığı bu süreçten faydalanabilmesi için buğday üretimini arttırması gerekmektedir. Birçok buğday ata tohumunun merkezi konumundaki Türk toprakları iklimsel açıdan oldukça uygundur. Buğday üretimi coğrafi değişikliklerden oldukça etkilenmektedir. Buğday üretiminde kullanılacak olan tür belirlenirken bölgenin toprak ve iklim koşulları dikkate alınmalıdır. Hastalık ve tarım zararlılarına dayanıklı ve yüksek kalitede üretim bu değişkenlere bağlıdır (Leibinger & Reiners 2001; Özçelik, 2003). Bu durum buğdayın kalitesi üzerinde etkilidir. Özel bir amaç için kullanılmaya yarama derecesi, buğdayın kalitesi olarak tanımlanmaktadır (Ünal, 1983). Yüksek kalitede buğday üretiminin ekonomik katkısı da yüksek olacaktır. Bu nedenle buğday kalitesinin artırılması amacıyla çeşitli çalışmalar yürütülmektedir.

Burnett & Clarke (2002), kritik kalite değişkeni olarak tanımlanan tane protein oranının en az %12 olması gerektiğini, üründe tane iriliği yönünden homojenliğin ve 1000 tane ağırlığının önemli olduğunu bildirmişlerdir. Buğday tanesindeki protein oranı, ticarette tane ve unun ekmekçilik değerinin belirlenmesinde kriter olarak kullanılmakta, ekmeğin pişme kalitesi ve somun hacminin

[1] Prof.Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

en önemli göstergesi olarak kabul edilmektedir (Kihlberg & ark. 2004; Mader & ark. 2007). Kalite kriterlerinden bir diğeri un randımanının göstergesi olan hektolitre ağırlığıdır. Tane iriliğindeki değişime bağlı olarak hektolitre ağırlığı da değişir. Ekim sıklığı arttığında tane iriliği küçülürken hektolitre ağırlığı artar, tersi durumlarda ise düşer. Buğday tanesinin ağırlığının, tahıl verimi ve kalitesinin en önemli bileşenlerinden biri olduğu tespit edilmiştir (Seçkin, 1975).

Türkiye'de buğday alımı, çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikler incelenerek Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO) aracılığı ile yapılmaktadır. Fiyatlandırma ve depolamada ürünün bu kalite karakteristikleri göz önünde bulundurulmaktadır.

Fiziksel kalite parametreleri, buğdayın tane hali ile ilgilidir. Kimyasal kalite parametreleri ise buğday ununun kimyasal bileşimi ile ilgilidir. Fizikokimyasal kalite parametreleri, gluten ve zeleny sedimentasyon parametreleri ile açıklanmaktadır. Reolojik kalite parametreleri ise, çeşitli cihazlar kullanılarak ölçülen ve unun kalitesi konusunda en çok fikir veren parametrelerdir. Teknolojik kalite parametreleri de, unun pişme derecesini kapsayan parametrelerdir (Arslan, 2018).

Buğday kalitesinin her parametre için tek tek sınıflandırılması yerine, son dönemlerde buğday alımlarında makine öğrenme yöntemlerine dayalı sistemlerin geliştirilmesi hız kazanmıştır. Buğdayın sınıflandırılmasında farklı özellikler dikkate alınarak en doğru sınıflandırma mekanizmasının elde edilmesine çalışılmaktadır. Sabancı & ark. (2017) yapay sinir ağları yöntemini kullanarak buğday tanelerinin ekmeklik veya makarnalık olarak sınıflandırılmasını incelemiş ve makine öğrenme yöntemleri ile oldukça yüksek sınıflandırma performansı elde etmişlerdir. Punn & Bhalla (2013) buğday kalitesinin destek vektör makineleri ve yapay sinir ağları ile tespitini karşılaştırmalı olarak ele almışlardır. Farahani (2012) beş çeşit durum buğdayını 11 morfolojik özellik kullanarak sınıflandırmıştır. Ajaz ve Hussain (2015) farklı buğday tohumlarını çevresel, fiziksel ve morfolojik özellikleri kullanarak çeşitli makine öğrenme yöntemleri ile sınıflandırmış ve lojistik regresyonun oldukça güvenilir sonuçlar verdiğini tespit etmiştir.

Lojistik regresyon, verilerin normallik varsayımını sağlamadığı durumlarda doğrusal diskriminant analizinin güçlü bir alternatifi olarak kullanılmaktadır. Makine öğrenme yöntemleri arasında ise denetimli bir makine öğrenme yöntemi olarak yaygın kullanıma sahiptir. Diğer makine öğrenme yöntemlerinden ayrılan önemli bir özelliği ise ele alınan değişkenlerin tek tek sınıflandırma performansı üzerindeki etkisinin tespit edilebilmesidir. Bir başka ifade ile sadece doğru sınıflandırma yüzdesi değil, sınıflandırmada önemli olan değişkenlerin tespitine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada buğday kalitesinin sınıflandırılmasında hektolitre ağırlığı, 1000 tane sayısı, 1000 tane ağırlığı, protein, rutubet, nişasta, yaş gluten, zeleny sedimentasyon, alveograf, sertlik ve zeleny junior değişkenleri gözönünde bulundurularak iki farklı ekmeklik buğdayın lojistik regresyon analizi yardımıyla sınıflandırılması amaçlanmıştır. Ele alınan açıklayıcı değişkenler arasında yüksek derecede korelasyonlar mevcut olduğundan çoklu iç ilişki problemi ile karşılaşılmıştır. Bu nedenle lojistik regresyona ek olarak, lojistik ridge, lojistik LASSO ve lojistik Elastik Ağ yöntemleri de gerçekleştirilmiştir.

Yöntem

Son yüzyılda teknolojinin hızla gelişmesi ile birlikte veri toplama ve veriye ulaşma oldukça kolay hale gelmiştir. Bununla birlikte veri yapıları tek değişkenliden çok değişkenli yapıya evrilmiştir. Çok boyutlu verilerin analizinde çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin geçerli ve güvenilir sonuçlar vermesi, yöntemlerin dayandığı varsayımların sağlanması ile doğru orantılıdır. Sınıflandırma problemlerinde veri setinin çok değişkenli normallik varsayımını sağlaması durumunda doğrusal diskriminant analizi etkin sonuçlar vermektedir. Ancak günümüz çalışmalarında karşılaşılan birçok veri setinin normallik varsayımını sağlamadığı tespit edilmiştir.

Lojistik regresyon analizi, veri matrisinin ortak kovaryanslı normal dağılıma sahip olma varsayımının sağlanmaması durumunda diskriminat analizine, bağımlı değişkenin kategorik olması durumunda ise doğrusal regresyon analizine alternatif olarak kullanılmaktadır (Schaefer & ark.,1984).

Lojistik Regresyon

Lojistik regresyon analizi 1944 yılında Berkson tarafından biyolojik çalışmaların değerlendirilmesi amacıyla ortaya konulmuştur. 1962 yılında Cornfield'ın doğrusal diskriminant analizi yaklaşımına benzer şekilde regresyon modelindeki katsayıların tahminini elde etmesiyle daha popüler bir hale gelmiştir. 20. yy'ın sonlarında paket programların hızla artması ve yaygınlaşması lojistik regresyon analizlerinin daha kolay bir biçimde yapılmasını sağlamıştır. Günümüzde ise denetimli makine öğrenme yöntemleri içerisinde oldukça yaygın bir kullanıma sahiptir. Bu nedenle başta mühendislik, finans, ekonomi, sosyoloji ve ekoloji alanında birçok uygulamada tercih edilmektedir (Hosmer & Lemeshow, 1989).

Bağımlı değişkenin iki kategorili olması durumunda lojistik regresyon modeli Eşitlik 1'deki gibi tanımlanmaktadır. $y_i \in \{0,1\}$, $nx1$ boyutlu bağımlı değişken değerlerini ve x_j, $px1$ boyutlu bağımsız değişkenler vektörünü göstermek üzere,

$$P(Y = 1|X = x) = \pi(x) = \frac{e^{X\beta+\varepsilon}}{1+e^{X\beta+\varepsilon}} \quad (1)$$

şekilde yazılabilir. Y bağımlı değişkeni $Bernoulli\ (\pi_i)$ dağılımına sahiptir. Lojit dönüşümü,

$$lojit\ \pi(x) = ln\left(\frac{\pi(x)}{1-\pi(x)}\right) = X\beta \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Lojit dönüşüm X ve β 'nın tüm olası değerlerine karşı π 'nin [0,1] aralığında kalmasını sağlar. Bu dönüşümde π bir olayın gerçekleşme olasılığını, $1-\pi$ ise bir olayın gerçekleşmeme olasılığını göstermektedir. $\pi/1-\pi$ oranı, odds oranı (OR) olarak adlandırılmaktadır ve lojistik regresyon modelinde katsayıların yorumlanmasında kullanılmaktadır (Albert & Lesaffre, 1989).

Lojistik regresyon modelinin katsayılarının tahmini için en çok olabilirlik yöntemi kullanılmaktadır. Parametre tahmini için Eşitlik 1'deki modelin olabilirlik fonksiyonu,

$$L(\beta_0, \beta) = \sum_{i=1}^{n}\{y_i ln\pi(x_{ij}) + (1-y_i)\ln(1-\pi(x_{ij}))\}, j = 1,2,\dots,p \quad (3)$$

şeklinde yazılır. Eşitlik 3'te verilen olabilirlik fonksiyonunun çözümü için Newton-Raphson algoritması kullanılmaktadır. Lojistik regresyon modelinin parametre tahmin edicileri,

$$\hat{\beta}_L = S^{-1}X'\widehat{W}Z \quad (4)$$

olarak elde edilir. Burada $S = X'\widehat{W}X$, $\widehat{W} = diag(\hat{\pi}_i(1-\hat{\pi}_i))$ ve Z nx1 sütun vektörünün i'inci elemanı $\hat{z} = lojit(\hat{\pi}_i) + \frac{y_i-\hat{\pi}_i}{\hat{\pi}_i(1-\hat{\pi}_i)}$ biçimindedir.

Regresyon modellerinde bağımsız değişkenler arasında yüksek derecede korelasyon olması çoklu iç ilişki problemi olarak adlandırılmaktadır (Hastie & ark., 2015). Lojistik regresyon analizinde

çoklu iç ilişki problemi, tahminlerin etkinliğini azaltan bir problemdir. Bu durum yanlış sınıflandırmaya neden olmaktadır. Ayrıca regresyon katsayıları gerçeği yansıtmamakta, işaretleri teoriye ters olarak bulunabilmekte ve tahmincilerin varyansları sonsuza gitmektedir. Çoklu iç ilişki probleminin çözümü için örneklem hacminin arttırılması önerilmektedir. Ancak, buğday kalitesi gibi ekolojik çalışmalarda, kalite değişkenlerinin birçoğu birbiriyle yüksek derecede ilişkilidir. Yapısal olarak ilişkili değişkenlerde örnek hacminin arttırılması çoklu iç ilişki probleminin giderilmesini sağlamaz. Veri setinde çoklu iç ilişki problemi mevcut olduğunda veya veri yapısının ($p>n$) olması durumunda klasik tahmin yöntemlerine alternatif olarak cezalandırılmış regresyon yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler aynı zamanda büzülme (shrinkage) ya da düzenleme (regularization) yöntemleri olarak da adlandırılmaktadır (Hastie & ark., 2015). Geleneksel değişken seçim yaklaşımlarından farklı olarak, cezalı regresyon yöntemleri, model seçimi ile parametrelerin tahminini eşanlı olarak gerçekleştirmektedir.

Lojistik Ridge Regresyon

Lojistik ridge regresyon analizi, lojistik regresyonda çoklu iç ilişki problemi ile karşılaşıldığında kullanılan yöntemlerden biridir. İlk olarak Hoerl & Kennard (1970) tarafından önerilen ridge regresyon, çeşitli regresyon modellerinde yanlı regresyon tahmin edicileri olarak uyarlanmıştır. Dufy & Santer (1989) tarafından önerilen lojistik ridge regresyon yöntemi cezalı en çok olabilirlik yöntemi ile elde edilir ve parametre tahmin edicileri,

$$\hat{\beta}_{RIDGE} = argmin_{\beta}[\sum_{i=1}^{n}\{y_i ln\pi(x_{ij}) + (1-y_i)\ln(1-\pi(x_{ij}))\} + \lambda\sum_{j=1}^{p}\beta_j^2] \quad (5)$$

şeklindedir. Bu eşitsizlikte λ yanlılık parametresidir ve ($0 < \lambda < 1$) aralığındadır.

Lojistik LASSO Regresyon

Çoklu iç ilişki probleminin giderilmesinde kullanılan bir diğer yaklaşım değişken seçimidir. Ancak bu yaklaşımda hangi değişken ya da değişkenlerin modelden çıkarılacağı önemlidir. Bağımlı değişken üzerinde önemli bir etkiye sahip olan bir değişken modelden çıkarılabileceği gibi önemsiz bir değişken de modelde kalabilir. Bu durum modelin açıklama oranını azaltmaktadır. Bu nedenle, çoklu iç ilişki probleminin çözümü için değişken seçimi ve parametre tahminini eş zamanlı yapan daraltıcı (shrinkage) yöntemler geliştirilmiştir. LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) Tibshirani (1996) tarafından önerilmiş daraltıcı bir regresyon yöntemidir.

Ridge regresyonda olduğu gibi LASSO tahmin edicileri de çeşitli regresyon yöntemlerine uyarlanmıştır. Ridge regresyonda parametre uzayı üzerindeki kısıt L_2 norm iken, LASSO da L_1 norm kullanılmaktadır. LASSO cezalı lojistik regresyon yöntemi negatif log-olabilirlilik fonksiyonuna ceza teriminin eklenmesiyle elde edilir (Pereira & ark., 2015). β katsayılar vektörünün LASSO tahmin edicileri Eşitlik (6)'de verildiği gibidir.

$$\hat{\beta}_{LASSO} = argmin_{\beta}[\sum_{i=1}^{n}\{y_i ln\pi(x_{ij}) + (1-y_i)\ln(1-\pi(x_{ij}))\} + \lambda\sum_{j=1}^{p}|\beta_j|] \quad (6)$$

Burada, λ, ayar sabitidir. $\lambda = 0$ olduğunda, klasik lojistik regresyon analizi sonuçları elde edilir. $\lambda \to \infty$ olduğunda ise tüm bağımsız değişken katsayıları sıfır olur. Lojistik regresyonda, λ parametresi yanlış sınıflandırma hatasını en aza indirmek için sapma ve varyans arasında denge sağlamaktadır. λ, çapraz geçerlilik yöntemi ile elde edilir.

Çoklu iç ilişkili bağımsız değişkenler arasından bir tanesinin rastgele seçilmesi ve yüksek boyutlu ($p > n$) verilerde en fazla *n* tane değişken katsayısı tahmin edilebilmesi LASSO lojistik

regresyonun zayıf yönleridir. LASSO'nun bu dezavantajlarının giderilmesi için Elastik Ağ yöntemi önerilmiştir (Zou ve Hastie, 2005).

Lojistik Elastik Ağ

Elastik ağ regresyonu, ridge yönteminde olduğu gibi tüm bağımsız değişkenler için bir katsayı elde etmediği gibi, LASSO kadar katı bir değişken seçimi uygulamaz. Bu nedenle hem ridge regresyonun L_2 kısıtını hem de LASSO'nun L_1 kısıtının kullanır. Değişken seçiminde LASSO cezasından yararlanırken, yüksek korelasyon problemi ile başa çıkmak için de ridge regresyon cezasını kullanılmaktadır. Lojistik Elastik ağ yöntemi ile parametre tahminleri Eşitlik (7)' deki gibi elde edilir.

$$\hat{\beta}_{log-elastic} = argmin_{\beta} \sum_{i=1}^{n}\{y_i log\pi(x_i) + (1-y_i)\log(1-\pi(x_i))\} + \lambda[\frac{1}{2}(1-\alpha)\|\beta\|_2^2 + \alpha\|\beta\|_1] \quad (7)$$

Burada, α ve λ ayar parametreleridir ve çapraz geçerlilik yöntemiyle elde edilir. $\alpha = 1$ olduğunda LASSO, $\alpha = 0$ olduğunda ise Ridge regresyona dönüşmektedir. Lojistik-Elastik ağ regresyonu, güçlü çoklu iç ilişki durumunda ve yüksek boyutlu verilerde etkin sonuçlar vermektedir (Algamal & Lee, 2015).

Hata Matrisi

Sınıflandırma problemlerinde sınıflandırıcının performansını ölçmek amacıyla çoğunlukla Hata matrisi (Confusion Matrix) ölçütü kullanılmaktadır. İkili bir sınıflandırma problemi için bu matris 2x2 boyutundadır. İki farklı gruptaki gözlemlerin doğru ve yanlış sınıflandırma frekansları hesaplanarak elde edilir.

Doğru Pozitif (DP): Sınıflandırıcı tarafından doğru olarak tahmin edilmiş pozitif sınıf etiketidir.

Doğru Negatif (DN): Sınıflandırıcı tarafından doğru olarak tahmin edilmiş negatif sınıf etiketidir.

Yanlış Negatif (YN): Sınıflandırıcı tarafından yanlış olarak tahmin edilmiş negatif sınıf etiketidir.

Yanlış Pozitif (YP): Sınıflandırıcı tarafından yanlış olarak tahmin edilmiş pozitif sınıf etiketidir.

Hata matrisi yardımıyla çeşitli sınıflandırma performansları hesaplanmaktadır. Bu ölçütler Eşitlik 8-11'de verilmiştir. Dengeli veri yapısına sahip veri setleri için duyarlılık ve kesinlik ölçütü, dengeli olmayan veri setleri için ise F1 skoru daha güvenilir sonuçlar vermektedir (Uğuz, 2021).

$$Doğruluk = \frac{DP+DN}{DP+DN+YP+YN} \quad (8)$$

$$Kesinlik = \frac{DP}{DP+YP} \quad (9)$$

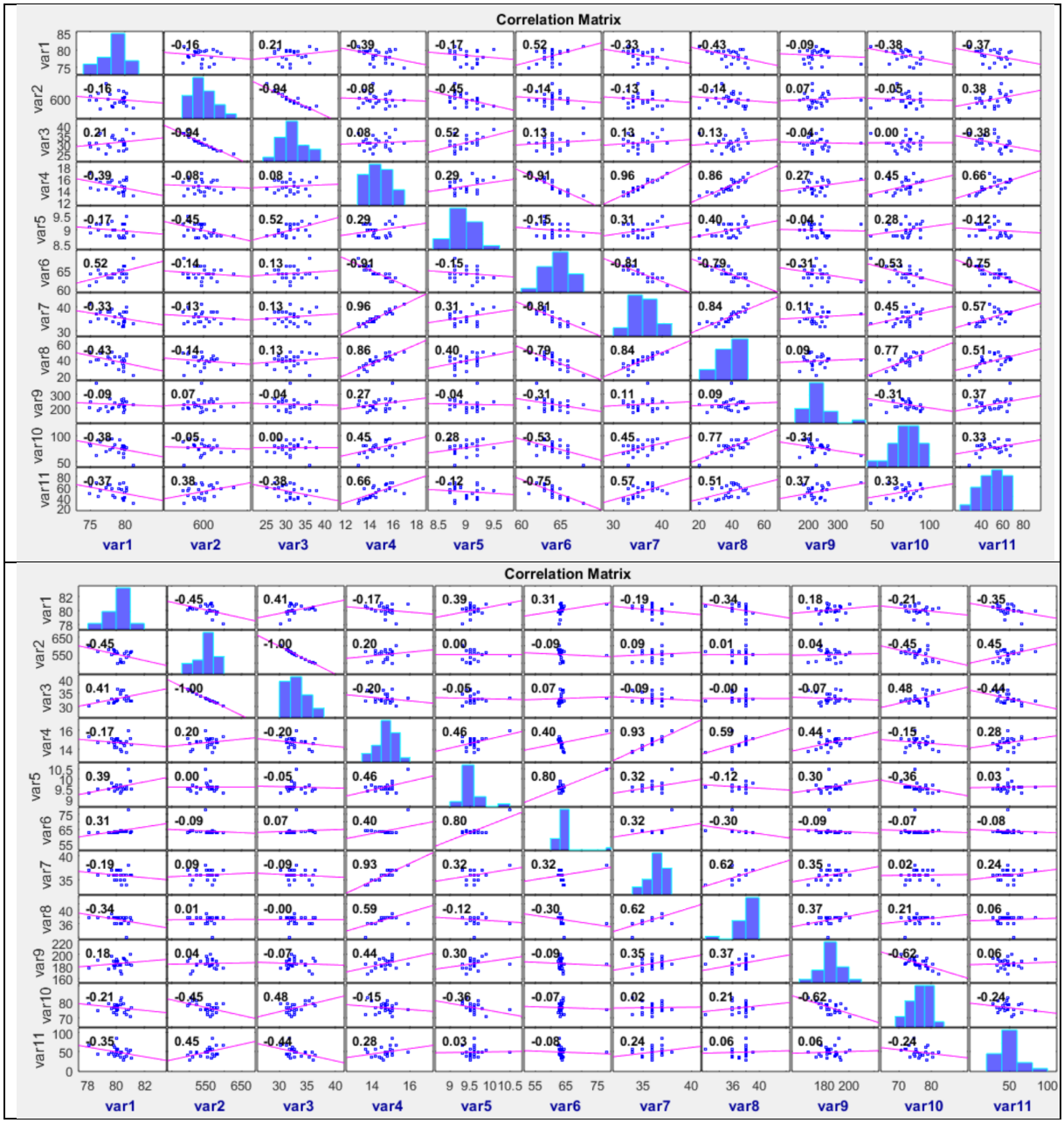
$$Duyarlılık = \frac{DP}{DP+YN} \quad (10)$$

$$F1\ Skoru = 2 * \frac{Duyarlılık * Kesinlik}{Duyarlılık + Kesinlik} \quad (11)$$

Bu çalışmada her iki tür buğdaydan eşit sayıda gözlem ele alındığından veri seti dengeli bir yapıdadır.

Uygulama

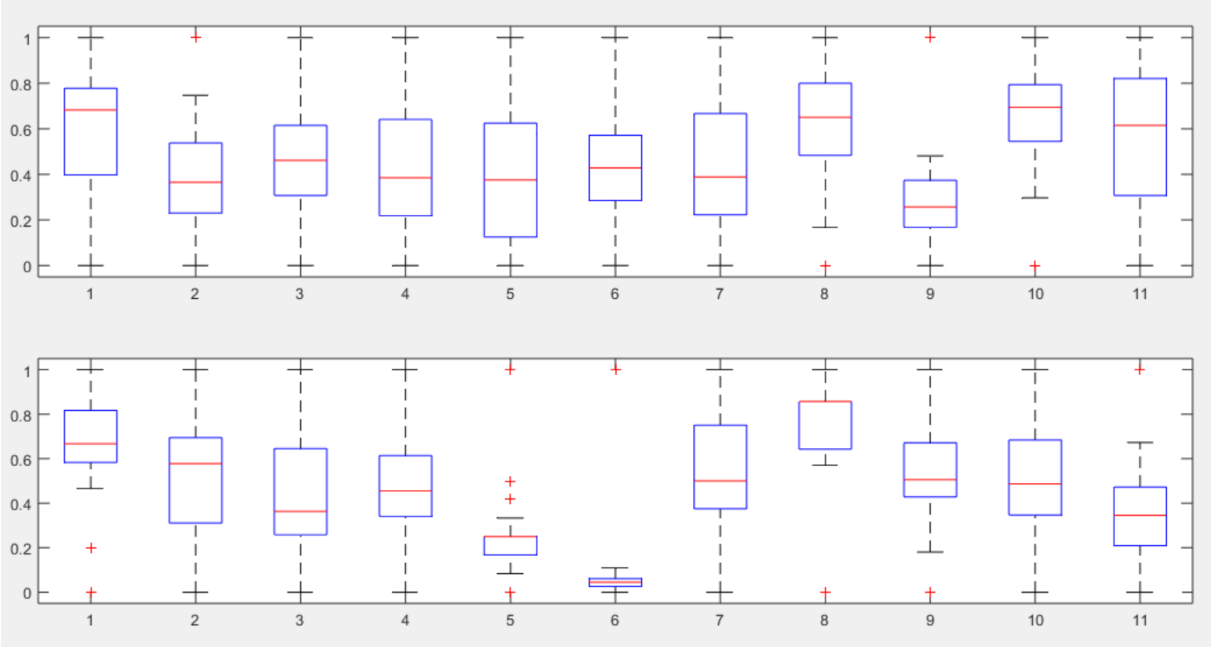
Bu çalışmada ekmeklik buğday kalitesinin sınıflandırılması amacıyla 2 farklı ekmeklik buğday türünden 100'er numune alınmıştır. Buğday türleri için hektolitre ağırlığı, 1000 tane sayısı, 1000 tane ağırlığı, protein, rutubet, nişasta, yaş gluten, zeleny sedimentasyon, alveograf, sertlik ve zeleny junior değişkenleri gözönünde bulundurulmuştur. Veriler Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan temin edilmiştir. İlk olarak her iki buğday türü için elde alınan bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen korelasyon matrisleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Bağımsız Değişkenlere Ait Korelasyon Matrisleri

Birinci tür buğday için korelasyon matrisi incelendiğinde, 1000 tane sayısı ile 1000 tane ağırlığı arasında 0.94'lük bir korelasyon olduğu görülmektedir. Ayrıca protein ile nişasta arasında 0.91'lik, yaş gluten arasında 0.96'lık, zeleny sedimentasyon ile 0.86'lık ve zeleny junior arasında 0.66'lık bir korelasyon söz konusudur. Nişasta ve zeleny sedimentasyon arasında 0.79'luk, yaş gluten ve zeleny sedimentasyon arasında ise 0.84'lük bir korelasyon mevcuttur. Benzer şekilde ikinci buğday türünde de yüksek derecede korelasyonların varlığı tespit edilmiştir. Bu durum buğdayların doğru olarak sınıflandırılmasında etkinliği azaltmaktadır.

Analizlere geçilmeden önce veri setinde aykırı değer olup olmadığının tespiti için kutu bıyık grafikleri çizilmiş ve Şekil 2'de verilmiştir. İlk buğday türü için 1000 tane sayısı, zeleny sedimentasyon, alveograph ve sertlik değişkenlerinde aykırı değerlerin olduğu görülmektedir. İkinci buğday türünde ise hektolitre ağırlığı, rutubet, nişasta, zeleny sedimentasyon, alveograph ve zeleny junior değişkenlerinde aykırı değerlerin var olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. Buğday Türlerinin Çeşitli Özelliklerine ait Kutu-Bıyık Grafikleri

Çalışmanın devamında ele alınan yöntemlerin performansını karşılaştırabilmek için veri seti %70 eğitim ve %30 test verisi olarak iki gruba ayrılmıştır. Basit tesadüfi örnekleme yöntemiyle yapılan bu seçimden sonra, eğitim verileri kullanılarak yukarıda açıklanan lojistik regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde lojistik regresyon analizi sonucunda tüm değişkenlerin anlamsız olduğu, standart hata değerlerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Eğitim verisi yardımıyla hesaplanan doğru sınıflandırma yüzdesi ise 63.4'tür. Lojistik ridge regresyon uygulandığında ridge parametersi 0.32 olarak elde edilmiştir. Bu yöntemde tüm değişkenler için bir katsayı hesaplanmaktadır. Ancak analiz sonuçları incelendiğinde hektolitre ağırlığı, protein, yaş gluten ve zeleny sedimentasyon değişkenleri anlamlı olarak bulunmuştur.Lojistik ridge regresyon modelinin eğitim seti ile hesaplanan doğru sınıflandırma yüzdesi ise 79.5'tir. Lojistik LASSO regresyon analizi sonucunda elde edilen bulgular incelendiğinde ise LASSO kısıtının 0.264 olarak elde edildiği görülmektedir. Hektolitre ağırlığı, 1000 tane ağırlığı, rutubet, zeleny sedimentasyon, sertlik ve zeleny junior değişkenleri iki farklı ekmeklik buğday türünün sınıflandırılmasında anlamlı değişkenler olarak belirlenmiştir. Modelin eğitim veri seti için doğru sınıflandırma yüzdesi 82.5'tir. Son olarak Lojistik elastik ağ yöntemi bulguları incelendiğinde

kısıt değerleri $\lambda = 0.16$ ve $\alpha = 0.7$ olarak hesaplanmıştır. Buğday türlerinin sınıflandırılmasında hektolitre ağırlığı, 1000 tane ağırlığı, protein, rutubet, nişasta, sertlik ve zeleny junior değişkenlerinin anlamlı olduğu görülmektedir. Eğitim verileri yardımıyla hesaplanan doğru sınıflandırma yüzdesi ise 89.9 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. *Lojistik Regresyon Analizi Sonuçları*

Parametre	Lojistik		Lojistik Ridge $k = 0.32$		Lojistik LASSO $\lambda = 0.264$		Lojistik- Elastic Ağ $\lambda = 0.16$ $\alpha = 0.7$	
	b	**Std. Hata**	***b***	**Std. Hata**	***b***	**Std. Hata**	***b***	**Std. Hata**
Sabit	-643,700	63728,43	-217,233	116,532	-	-	-106,387*	20,212
Hektolitre Ağırlığı	15,260	2673,87	11,723*	0,892	10,856*	0,611	0,103*	0,033
1000 tane	-0,757	23890,4	-0,831	0,968	-1,214	0,518		
1000 tane ağırlığı	-12,340	18922,34	-11,199	15,921	-10,553*	0,547	-11,023*	0,684
Protein	58,430	24299,2	56,970*	6,359	-	-	54,265*	5,942
Rutubet	104,332	147822,	100,470	49,59	3,522*	0,626	13,871*	5,035
Nişasta	-13,270	14579,4	-13,772	20,37	-	-	-10,231*	3,036
Yaş Gluten	-19,470	135342,	-18,391*	4,503	0,267	0,496	-	-
Zeleny Sedimantasy	-3,457	39824,78	-4,023*	1,043	-3,46*	0,462	-4,144*	1,038
Alveograf	-0,874	29567,9	-0,221	30,067	-1,028	0,609	-1,954	0,941
Sertlik	0,758	14562,7	0,547	0,358	-1,858*	0,608	-2,087*	0,413
Zeleny	0,603	28799,8	0,514	1,054	0,696*	0,242	-	20,212
DSO	**63.4**		**79.5**		**82.5**		**89.9**	

Çalışmanın devamında elde edilen modellerin çıkarsama başarılarının karşılatırılması amacıyla test verileri kullanılarak Eşitlik 8-11'de verilen nicelikler hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. *Test Kümesine İlişkin Performans Değerleri*

Yöntem	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F1-score
Lojistik Regresyon	0,814	0,782	0,824	0,802
Lojistik Ridge	0,826	0,813	0,835	0,824
LASSO Lojistik	0,917	0,894	0,913	0,903
Lojistik Elastik Ağ	0,948	0,934	0,956	0,945

Her iki ekmeklik buğday türünden eşit sayıda gözlem ele alındığından duyarlılık ve kesinlik ölçütleri performans kriteri olarak göz önünde bulundurulmuştur. Yüksek kesinlik ve duyarlılığa sahip olan yöntemin sınıflandırma performansının diğerlerinden iyi olduğu söylenir. Tablo 2'deki bulgular incelendiğinde e yüksek kesinlik ve duyarlılık değerinin Lojistik elastik ağ yönteminde elde

edildiği görülmektedir. Sınıflandırma performansı en düşük olan yöntemin ise klasik lojistik regresyon analizi olduğu belirlenmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Küresel gıda krizinin yaşandığı son günlerde özellikle temel gıda maddelerinin üretilmesinde kullanılan buğdayın önemi giderek artmaktadır. Bunun beraberinde buğday piyasasında ürünün türüne göre fiyatlandırma politikası izlenmektedir. Buğday numunelerinin geleneksel yöntemlerle tek tek sınıflandırılması karmaşık bir sonuç doğurmaktadır. Bir değişkene göre sınıfı farklı tespit edilen numune bir başka değişkene göre farklı sınıfta yer alabilmektedir. Makine öğrenme yöntemlerindeki gelişme ve sensörlere dayalı akıllı sistemlerin maliyetinin azalması yerinde, objektif olarak hızlı karar vermeye yarayacak yaklaşımların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada iki farklı buğday türünün lojistik regresyon analizi yardımıyla sınıflandırılması üzerinde durulmuştur. Lojistik regresyon analizi denetimli makine öğrenme yöntemleri içerisinde değişkenlerin sınıflandırma üzerindeki etkilerini belirlemeye olanak sağladığından tercih edilmiştir. Sınıflandırma üzerinde etkili olan değişkenler için sensor kullanımı maliyetin azalmasına neden olacaktır. Buğday tanelerinin çeşitli özellikleri arasında yüksek derecede korelasyonların mevcut olmasının sınıflandırma algoritmalarının performansını düşürdüğü görülmektedir. Özellikle klasik lojistik regresyon analizinde model katsayıları anlamsız ve standart hata değerleri çok yüksek olarak hesaplanmıştır. Bu sorunun çözümü için lojistik ridge, lojistik LASSO ve lojistik elastik ağ yöntemleri uygulanmış ve her yöntemin doğru sınıflandırma yüzdesi belirlenmiştir. Eğitim veri seti kullanılarak oluşturulan modeller içerisinde lojistik elastik ağ yönteminin doğru sınıflandırma yüzdesi en yüksek olandır. Bu model kullanılarak test verilerinin doğru sınıflandırılma performansı incelendiğinde ise en yüksek kesinlik ve doğruluk veren yöntem olduğu görülmektedir. Ayrıca, lojistik elastik ağ yöntemine göre buğday türü tespitinde hektolitre ağırlığı, 1000 tane ağırlığı, protein, rutubet, nişasta, sertlik ve zeleny junior değişkenlerinin anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma iki ekmeklik buğday türünün sınıflandırılmasında yüksek doğrulukla yapay zekaya dayalı bir yaklaşımın kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Benzer çalışmalar için sınıflandırma amaçlı bu yöntemlerin kullanılması maliyeti azaltarak güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Ajaz, R.H. & Hussain, L. (2015). Seed classification using machine learning techniques. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), 2* (5), 1098-1102.

Albert, A. & Lesaffre, E. (1989). Multiple Group Logistic Discrimination. *Comp. & Math. With Application*, *12* (2), 209-224.

Algamal, Z. Y. & Lee, M. H. (2015). High Dimensional Logistic Regression Model using Adjusted Elastic Net Penalty. *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research, 11* (4), 667-676.

Arslan, Z. E. (2018). *Unun Kalite Parametrelerinin Yakın ve Orta Kızılötesi Spektroskopisi Kullanılarak Tahmin Edilmesi.* Hacettepe Üni. Gıda Müh., Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Berkson, J. (1944). Application Of The Logistic Function To Bio-Assay. *Journal of the American Statistical Association*, *39* (227), 357-365.

Burnett, V. & Clarke, S. (2002). *Organic farming: Wheat production and marketing*. Agriculture Notes AG1075, ISSN, 1329-8062.

Cornfield, J. (1962). Joint Dependence of the Risk of Coronary Heart Disease on serum cholesterol and sistolic blood pressure: a diskrimant function analysis. *Federation Proceedings*, 21, 58-61.

Duffy, D. E. & Santner, T. J. (1989). On the Small Sample Properties of Norm Restricted Maximum Likelihood Estimators for Logistic Regression Models. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 18, 959-980.

Farahani, L. & Branch, A.(2012). Discrimination of some cultivars of durum wheat (Triticum durum Desf.) using image analysis. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, *3* (7), 1375-1380.

Hastie, T., Tibshirani, R. & Wainwright, M. (2015). *Statistical Learning with Sparsity*. Taylor and Francis Group.

Hoerl, A. E. & Kennard, R. W. (1970). Ridge Regression: Biased Estimation for Nonorthogonal Problems. *Technometrics*, 12, 55-67.

Hosmer, D. W. & Lemeshow, S. (1989). *Applied Logistic Regression*. John Willey & Sons.

Kihlberg, W., Johansson, L., Kohler, A. & Risvik, E. (2004). Sensory qualities of whole wheat pan bread-influence of farming system, milling and baking technique. *Journal of Cereal Science*, *39* (1), 67-84.

Leibinger, T. & Reiners E. (2001). Demands of sector bodies for organic plant breeding. *Beitrag zur Zuchtungsforschung- Budesanstalt–fur Zuchtungsforschung an Kulturpflanzen*, 22-23 Nov. 2001, Quedlinburg, Germany, 199-23.

Mader, P., Hahn, D., Dubois, D., Gunst, L., Alfoldi, T., Bergmann, H., Oehme, M., Amado, R., Schneider, H., Graf, U., Velimirov, A., Fliebbach, A. & Niggli, U. (2007). Wheat quality in organic and conventional farming: results of a 21 year field experiment. *J. Sci. Food Agric., 87,* 1826-1835.

Miller F. P., Vandome, A. F. & Mcbrewster, J. (2011). *History of Bread*. Alphascript Publishing.

Özçelik, H. (2003). *Organik tarımda tarla bitkileri yetiştiriciliği*. (16 /12 /2022 tarihinde http://www.bahce.biz/organik/organik_tarlabitkileri.htm adresinden ulaşılmıştır).

Pereira, J. M., Basto, M. & Silva, A. F. (2015). The Logistic Lasso and ridge regression in predicting corporate failure. *3rd Global Conference on Business, Economics, Management and Tourism*, 634-641.

Punn, M. & Bhalla, N. (2013). Classification of Wheat Grains Using Machine Algorithms. *International Journal of Science and Research (IJSR), 2* (8), 363-366.

Sabancı, K., Kayabaşı, A. & Toktaş, A. (2017). Computer Vision-Based Method For Classification of Wheat Grains Using Artificial Neural Network. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 97* (8), 2588-2593.

Schaefer, R. L., Roi, L.D. & Wolfe, R.A. (1984). Ridge Logistic Estimator. *Communications in Statistics-Theory and Methods, 13* (1), 99-113.

Seçkin, R. (1975). Türkiye'de yetiştirilen bazı önemli ekmeklik buğdaylarda randımanın unun kimyasal bileşimine ve ekmeğin kalitesine etkisi. *Ankara Üni. Ziraat Fak. Yayınları,* 569, Ankara.

T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2021). *Tarım Ürünleri Piyasa Raporları 2021*. (15/12/2022 tarihinde https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasalari adresinden ulaşılmıştır).

Tibshirani, R., (1996). Regression Shrinkage and Selection via the LASSO. *Journal of Royal Statistical Society B*, 58, 267-288.

Uğuz, S. (2021). *Makine Öğrenmesi Teorik Yönleri ve Pyhton Uygulamaları ile Bir Yapay Zeka Ekolü*. Nobel Yayıncılık, 2. Baskı.

Ünal, S. S. (1983). Hububat Teknolojisi. *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.*

Yurdatapan, S. (2014). *Türkiye'de Ekmek Sanayi ve Ekmek Tüketim Eğilimleri: Edirne ili Merkez ilçe Örneği.* Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.

Zou, H. & Hastie, T. (2005). Regularization and variable selection via the elastic net. *J. R. Stat. Soc. Ser. B,* 67, 301-320.

Farklı Beton Tiplerinin Teorik Radyasyon Perdeleme Özelliklerinin Belirlenmesi

Adnan KÜÇÜKÖNDER[1]
İbrahim ALKILINÇ[2]
Başak ZENGİN[3]

Giriş

İnsanlar var olduğu sürece barınmaya ihtiyaç duymuştur. Barınma ihtiyaçları ilk zamanlarda mağaradan başlamış günümüzde ise ihtişamlı ve estetik çok yüksek katlı binalara doğru gitmektedir. Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmeler ve farklı tiplerde yapılara yönelimle beraber nükleer ya da jeolojik etkiler sebebiyle hasar görmüş binalar, kullanılmış olan yapı malzemelerinin önemini artırmıştır. Yapı malzemelerinin nerdeyse tamamı doğadan üretildikleri için radyoaktivite içerebilmektedirler. Canlılar bina içerisinde olduğu gibi bina dışarısında da radyasyona maruz kalırlar. İnsanların maruz kaldıkları radyasyonun miktarı bulunduğu bölgenin toprağı, taşı ve yapıda kullanılmış olan yapı malzemesine göre değişkenlik gösterir. Yapı için en önemli olan beton yüzyıllardır insanoğlu için önemli olmuş ve olmaya devam etmektedir. Bu sebeple yüksek enerjili ışınları tutabilecek yapı malzemeleri kullanılmalıdır (Aygün 2020, Sayat vd 2021).

Dünyadaki tüm canlı ve cansız varlıklar hava, su, toprak, hatta kendi vücutlarının içindeki doğal radyasyon kaynakları ve bunlarla birlikte kendi vücudumunuz ürettiği yapay radyasyon kaynaklarından uzun süreli olarak radyasyon ışınımlarına maruz kalmaktayız. Radyasyonun zararlı etkilerini azaltabilmek için mesafe, zırhlama ve zaman olmak üzere üç önemli faktöre dikkat edilmesi gerekmektedir. Radyoaktif kaynakların yapmış olduğu ışınıma maruz kalınmak zorunda olunan sürenin uzun olması ya da radyasyon yayılımı kaynaklarının yakınındaysa alınmış olan radyasyonun dozu da o kadar fazla olacaktır. Bazı radyonüklidlerin yaymış olduğu radyasyon miktarı beklenenden fazladır ve belirli mesafelerden dahi görünmediği halde radyasyon yaylımına maruz kalınabilmektedir. Bu şekilde kuvvetli radyoaktif maddelerin zararlı etkilerinden sadece ve sadece zırhlanarak korunmak gerekir. Günümüz yapı sektöründe en çok kullanılan madde betondur. Etrafımıza baktığımızda binalar, köprüler, barajlar vb.nin yapımının neredeyse birçoğunda beton kullanıldığı görülmektedir. Bunun sebebi ise; şekil verilebilmesi, ekonomik olması, kolaylıkla üretilebilir olması gibi nedenler gösterilebilir. Deneysel ve teorik olarak radyasyon zırhlama ve zayıflatma özellikleri incelenmiştir. Yapıda en yaygın kullanılan beton yapı malzemesinin popülerliğinden dolayı beton üretiminde kullanılan agrega türlerinin etkisi, çimento ve suyun kimyasal bileşiklerinin konsantrasyon miktarları gibi etkenler değiştirilerek çalışmalar

[1] Prof. Dr. Adnan KÜÇÜKÖNDER Department of Physics, Kahramanmaras Sutcu Imam University, Kahramanmaras, Turkey ORCID:0000-0002-6582-2254
[2] Student İbrahim ALKILINÇ Graduate School of Education, Kahramanmaras Istiklal University, Kahramanmaras, Turkey ORCID :0000-0002-3027-7102
[3] Asso. Prof. Başak ZENGIN Department of Construction Technology, Kahramanmaras Istiklal University, Kahramanmaras, Turkey ORCID: 0000-0003-3719-9423

yapılmıştır. Elde edilen deneysel verilerde farklı aralıklarda zayıflatma katsayıları kullanılarak radyasyon etkilerini araştırılmaya çalışılmıştır. Böylece radyasyonun canlılar üzerinde etkisini azalatacak yapı malzemelerinin seçilmesi önem arz etmektedir (Gökçe vd.2018, Sayyed vd. 2018, Han vd., 2018, Agar 2018 ve Elsafi vd.2021).

Beton yapı sektöründe bu kadar önemli bir yere sahip olmasına karşın, betonun radyasyon perdeleme özelliklerinin de araştırılması bir o kadar önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada yapı malzemelerinin çeşitliliğine göre deneysel olarak elde edilmiş radyasyon perdeleme özellikleri XCOM programında çıkan sonuçlara göre değerlendirilerek radyasyon geçirgenlikleri incelenmiştir.

Materyal

Bu çalışmada Biber Temircik (2015) tarafından üretilen mineral katkılı beton verileri ve farklı agregalı üretilen beton numunelerin verileri baz alınmıştır. Mineral katkı olarak silis dumanı, perlit, kolemanit, uçucu kül, öğütülmüş yüksek fırın cürufu, asidik pomza ve bazik pomza ile farklı oranlarda kullanılmıştır. Bazik pomza, bazalt, katkılı harçlar ile farklı seri üretimlerden elde edilen verilerin analizleri çalışmayı desteklemiştir. Beton numunelerin deneysel ve teorik olarak karşılaştırılmasının yapılması için XCOM programında radyasyon soğurmalarına bakılmıştır.

Çimento:

Çimsa A.Ş. Mersin fabrikasından elde edilen çimentoların (CEM I 42.5R Portland) kimyasal özellikleri teorik çalışmada kullanılmıştır. Çimentonun kimyasal analizi Tablo 1 'de verilmiştir.

Tablo 1- CEM I 42.5R Çimentosunun kimyasal analizi

Çimentonun Bileşenleri	%
SiO_2	**20.02**
Al_2O_3	**4.87**
Fe_2O_3	**3.44**
CaO	**62.49**
MgO	**2.81**
Na_2O+K_2O	**0.91**
SO_3	**2.86**
Serbest CAO	**0.48**
Kızdırma Kaybı	**2.04**

Agregalarına ve mineral katkılı beton numunelerinde kullanılan mineraller:

Mineral katkılı beton numunesi hazırlanırken agregalarına göre ve mineral katkılarına göre sınıflandırma yapılmıştır. Agregalarına göre kimyasal analiz Tablo 2, mineral katkılarına göre kimyasal analizleri ise Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2 - Agregalarına göre bazaltik pomza ve baritin kimyasal analizi

Agregaların Bileşenleri	B. Pomza%	Barit%
SiO_2	41.41	**4**
Al_2O_3	12.97	**0.84**
Fe_2O_3	11.41	**0.7**
CaO	13.73	**1.7**
MgO	7.76	**0.3**
Na_2O+K_2O	-	**0.8**
SrSO	-	**0.65**
$BaSO_4$	-	**89.56**
MnO	-	**0.42**
B_2O_3	-	
Kızdırma Kaybı	**3.22**	**1.03**

Tablo 3 - Mineral katkıların kimyasal analiz tablosu (Biber Temircik (2015)).

Bileşenler (%)	Asidik pomza	Bazaltik Pomza	Yüksek Fırın Cürufu	Uçucu Kül	Silis Dumanı	Kolemanit	Perlit
SiO_2	66.12	47.63	43.71	35.84	79.62	4.00	**72.93**
Al_2O_3	15.23	15.99	11.14	15.90	2.01	0.40	**13.98**
Fe_2O_3	3.18	11.24	1.21	5.67	0.70	0.08	**0.60**
CaO	4.98	9.65	32.28	20.93	0.56	26.00	**0.81**
MgO	2.13	8.05	8.42	5.83	8.66	3.00	**0.43**
SO_3	0.38	-	-	3.31	0.23	-	**0.03**
Na_2O+K_2O	5.85	-	-	5.00	3.69	0.35	**8.43**
SrSO	-	-	-		-	1.50	-
B_2O_3	-	-	-	-	-	40.00	-
Kızdırma Kaybı	**2.13**	**0.73**	**-**	**4.03**	**-**	**24.60**	**2.01**

Farklı mineral katkılı beton numunelerin hazırlanması :

Beeton karışımları hazırlanırken çimento miktarları kütlece % 5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında silis dumanı (S) ve perlit (P) katkıları, %10, 20, 30, 40, 50 oranlarında yüksek fırın cürufu (Y), asidik pomza(AP), uçucu kül (U), pomza (bazaltik) (BP-) katkıları ve % 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 oranlarında kolemanit (K) katkıları ile yer değiştirilmiştir. Beton karışımda agreganın yerine kütlece %10, 20, 30, 40, 50 oranlarında barit (BA), ve bazaltik pomza (BP) katkıları ve şahit numune örneği dâhil 46 çeşit beton numunesi örneğinin karışım hesabı yapılmıştır. Numune isimleri, karışım oranları ve kullanılmış olan malzemeler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4 - 1 m^3 farklı mineral katkılı beton karışımı için malzeme oranları ve numunelerin isimleri (Biber Temircik (2015))

Örnek Adı	Beton Karışım Miktarları			
	Çimento	**Su**	**Kum**	**Katkı**
	(kg/m^3)	**(kg/m^3)**	**(kg/m^3)**	**(kg/m^3)**
R	450	225	1350	0
BP10	450	225	1215	135
BP20	450	225	1080	270
BP30	450	225	945	405
BP40	450	225	810	540
BP50	450	225	675	675
BA10	450	225	1215	135
BA20	450	225	1080	270
BA30	450	225	945	405
BA40	450	225	810	540
BA50	450	225	675	675
AP10	405	225	1350	45
AP20	360	225	1350	90
AP30	315	225	1350	135
AP40	270	225	1350	180
AP50	225	225	1350	225
BP-10	405	225	1350	45
BP-20	360	225	1350	90
BP-30	315	225	1350	135
BP-40	270	225	1350	180
BP-50	225	225	1350	225
Y10	405	225	1350	45
Y20	360	225	1350	90
Y30	315	225	1350	135
Y40	270	225	1350	180
Y50	225	225	1350	225
U10	405	225	1350	45
U20	360	225	1350	90
U30	315	225	1350	135
U40	270	225	1350	180
U50	225	225	1350	225
S5	427.5	225	1350	22.5
S10	405	225	1350	45
S15	382.5	225	1350	67.5
S20	360	225	1350	90
S25	337.5	225	1350	112.5
K0.5	447.5	225	1350	2.25
K1	445.5	225	1350	4.5
K1.5	443.25	225	1350	6.75
K2	441	225	1350	9
K2.5	438.75	225	1350	11.25
P5	427.5	225	1350	22.5
P10	405	225	1350	45
P15	382.5	225	1350	67.5
P20	360	225	1350	90
P25	337.5	225	1350	112.5

Yöntem

Referans numunesi dâhil olmak üzere toplam 46 adet farklı mineral katkılı beton numunelerinin 59.543 keV enerjide kütle soğurma katsayıları XCOM programında hesaplanmış ve

karşılaştırılması yapılmıştır. XCOM programında kütle soğurma katsayıları bulunduktan sonra lineer soğurma katsayıları ve foton şiddetleri denklem (1) ile hesaplanmıştır.

$$\mu = \frac{\log_e(I_0 / I)}{t} cm^{-1}$$

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \frac{cm^2}{gr} \qquad (1)$$

I_o = Engel olmadan gelen foton şiddeti — I = Engel varken gelen foton şiddeti
t = Numunenin Kalınlığı — μ = Lineer soğurma katsayısı
ϱ = Özkütle — μm= Kütle soğurma katsayısı

Beton numunelerinin kütle soğurma ve lineer soğurma katsayıları Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5- BP-, AP, BA, Y, U, S, K ve P mineralleri katkılı beton numunelerinin 59.543 keV' de lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları tablosu

Numune Adı	t(cm) (ref*)	ρ(gr/cm^2) (ref*)	μm(cm^2 /gr) (Teorik)	μm(cm^2 /gr) (Deneysel)	μ(cm-^{1})	I/I0
R	2.1	2.02	0.293	0.267	0.59186	0.28854449
BP-10	2.2	1.39	0.302	0.279	0.41978	0.39712031
BP-20	2.1	1.27	0.3125	0.283	0.39688	0.43455294
BP-30	2.05	1.3	0.3199	0.296	0.41587	0.42633345
BP-40	2.1	1.3	0.3286	0.305	0.42718	0.40775939
BP-50	2.1	1.29	0.3373	0.308	0.43512	0.40101931
BA10	2	2.09	0.8964	0.426	1.87348	0.02358954
BA20	2	2.16	0.359	0.634	0.77544	0.21206128
BA30	2.2	2.01	1.198	0.766	2.40798	0.00500381
BA40	2	2.05	1.499	0.936	3.07295	0.00214225
BA50	2	2.18	1.801	0.308	3.92618	0.00038883
AP10	2.1	2.01	0.2901	0.293	0.5831	0.29390106
AP20	2.2	1.92	0.2865	0.292	0.55008	0.2981448
AP30	2.2	1.94	0.2829	0.289	0.54883	0.29896846
AP40	2.2	1.84	0.2793	0.288	0.51391	0.32283743
AP50	2.2	1.86	0.2757	0.274	0.5128	0.32362676
BP10	2.2	1.39	0.2915	0.316	0.40519	0.41007837
BP20	2.1	1.27	0.2894	0.323	0.36754	0.46216662
BP30	2.05	1.3	0.2873	0.323	0.37349	0.46502947
BP40	2.1	1.3	0.2852	0.323	0.37076	0.45905007
BP50	2.1	1.29	0.2831	0.325	0.3652	0.46444232
Y10	2	2	0.2913	0.290	0.5826	0.31186028
Y20	2.1	2	0.289	0.285	0.578	0.29706628
Y30	2.15	1.98	0.2866	0.282	0.56747	0.29521358
Y40	2.2	1.82	0.2843	0.302	0.51743	0.32035126
Y50	2.1	1.87	0.2819	0.288	0.52715	0.33054208
U10	2.1	1.37	0.2915	0.299	0.39936	0.43229567
U20	2.2	1.56	0.2894	0.301	0.45146	0.37038184
U30	2.2	1.73	0.2873	0.283	0.49703	0.33505392
U40	2.05	1.8	0.2851	0.294	0.51318	0.34923194
U50	2.1	1.87	0.283	0.299	0.52921	0.32911732
S5	2	2	0.2916	0.275	0.5832	0.31148628
S10	2.1	1.97	0.2895	0.279	0.57032	0.30189938

S15	2.2	1.92	0.2874	0.281	0.55181	0.29701353
S20	2.2	1.88	0.2852	0.287	0.53618	0.30740561
S25	2.2	1.95	0.2831	0.266	0.55205	0.2968587
K0.5	2.05	2	0.2936	0.295	0.5872	0.30006385
K1	2.1	1.96	0.2934	0.29	0.57506	0.29890353
K1.5	2.2	1.86	0.2933	0.296	0.54554	0.30113892
K2	2.2	1.82	0.2932	0.297	0.53362	0.30913636
K2.5	2.2	1.83	0.2931	0.289	0.53637	0.30727241
P5	2.2	1.94	0.2916	0.283	0.5657	0.28807086
P10	2.1	1.79	0.2895	0.29	0.51821	0.33681196
P15	2.2	1.76	0.2875	0.29	0.506	0.32850606
P20	2.1	1.62	0.2854	0.301	0.46235	0.37873035
P25	2.1	1.55	0.2833	0.303	0.43912	0.39766653

Tablo 5' de görüldüğü üzere 59.543 keV enerjide kütle soğurma katsayısı en fazla %50 oranında bazaltik pomza katkılı BA50 numunesidir. En az olan ise %50 oranında asidik pomza katkılı AP50 ve %50 oranında uçucu kül katkılı U50 numuneleridir. Uçucu kül (U) katkılı beton numunesinin katkı miktarları arttıkça kütle soğurma katsayısının azaldığı gözlemlenmektedir.

Sonuçlar

Yapılmış olan analizde barit katkılı beton numunelerinde 59.543 keV' lik enerjide, ışınları %40 oranında barit katkısı verilen BA40 numunesinin radyasyonu binde 2 oranında geçirdiği yani binde 998'ini soğurduğu, %30 oranında agregalarına göre karışım yapılan bazik pomza katkılı BP30 numunesi %53.5' sini geçirip %46.5'ini soğurduğu gözlenmiştir.

59.543 keV'lik enerjide radyasyonu en fazla soğuran barit katkılı beton numuneleridir. Karışımda bulunan barit oranı arttıkça radyasyon geçirgenliğinde azalma meydana gelmektedir. Barit katkılı beton numunesinin içerisindeki barit miktarına bağlı olarak kimyasal yapısındaki $BaSO_4$ miktarının fazlalığı ve ağır agrega olmasından dolayı radyasyonu en fazla soğuran malzeme olarak değerlendirilmiştir.

BA50 barit katkılı numuneden sonra en yüksek lineer soğurma katsayısına sahip numuneler sırasıyla referans numunesidir, referans numunesinin 59.543 keV'lik enerjinin 0.29' luk kısmını geçirdiği, barit katkılı numunede katkı oranı arttıkça lineer soğurma katsayısının arttığı gözlemlenmiştir.

%25 silis dumanı katkılı S25 beton numunesi 59.543 keV'lik enerjinin 0.30' luk kısmını geçirdiği ve katkı miktarları arttırıldıkça lineer ve kütle soğurma katsayılarının arttığı gözlemlenmiştir.

%50 uçucu kül katkılı U50 beton numunesi 59.543 keV'lik enerjinin 0.33'ünü geçirdiği gözlemlenmiş ve katkı miktarları arttırıldıkça kütle soğurma katsayısının azaldığı radyasyon geçirgenliğinin azaldığı gözlemlenmiştir.

%25 perlit katkılı beton numunesi olan P25 numunesi 59,543 keV'lik enerjinin 0.39' luk kısmını geçirdiği ve katkı miktarı arttıkça lineer soğurma ve kütle soğurma katsayıları azalmıştır.

%2.5 kolemanit katkılı K2.5 beton numunesi ise 59.543 keV'lik enerjinin 0.307' lik kısmını geçirmiştir.

59.543 keV enerjide kütle soğurma katsayısı en fazla kütlece çimento yerine %50 oranında bazaltik pomza katkısı kullanılan BA50 numunesi en az ise %50 oranında asidik pomza katkılı AP50 ve kütlece çimento yerine %50 oranında uçucu kül katkısı kullanılmış olan U50 numuneleridir.

Farklı katkı oranlarına göre üretilmiş olan beton numunelerinin deneysel ve teorik olarak karşılaştırıldığında deneysel verilere göre ortalama % 4 oranında bir fark bulunmuştur. Bu orana bağlı kalarak üretilmiş olan numunelerin kimyasal yapısı bilinmesi üzerine teorik olarak hesaplama yapıldığında radyasyon soğurma katsayılarının kullanılabilecekleri tespit edilmiştir.

Günümüz inşaat sektöründe beton üretiminde ağırlıklı olarak silis dumanı, uçucu kül ve yüksek fırın cürufu kullanılmaktadır. Beton üretiminde radyasyon soğurucu madde olan barit katkısının binde 2 oranında radyasyon soğurması sebebiyle kullanılması daha uygun olacağı bu çalışmada değerlendirilmiştir. Bu çalışmamız inşaat ve malzeme sektöründe çevresel ve radyasyon sorunların önlenmesine yardımcı olacaktır.

Kaynakça

Biber Temircik Ş. (2015).Yapı malzemelerinin radyasyon geçirgenliği ve mühendislik özelliklerinin araştırılması. Doktora Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Eriç M. (1994). Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Kitabevi, İstanbul 367s.

Aygün, B. (2020). High alloyed new stainless steel shielding material for gamma and fast neutron radiation. Nucl. Eng. Technol. 52: 647–653.

Sayyed, M., Al-Hadeethi, Y., AlShammari, M., Ahmed, M. , Al-Heniti S., and Rammah, Y. (2021). Physical, optical and gamma radiation shielding competence of newly borotellurite based glasses: TeO2–B2O3–ZnO–Li2O3–Bi2O0. Ceram. Int.;47: 611–618.

Gökce H. S. , Yalçınkaya Ç., Tuyan M. (2018). Optimization of reactive powder concrete by means of barite aggregate for both neutrons and gamma rays. Constr. Build. Mater.189:470–477.

Sayyed, M. I. Tekin, H. O. Kılıcoglu, O. Agar, O. Zaid, M. H. M. (2018). Shielding features of concrete types containing sepiolite mineral:Comprehensive study on experimental, XCOM and MCNPX results M.I. Results in Physics. 11:40–45.

Han D., Kim W, Lee S, Kim H., Romero P. (2018). Assessment of gamma radiation shielding properties of concrete containers containing recycled coarse aggregates. Constr Build Mater. 38:122-163.

Agar O. (2018). Study on gamma ray shielding performance of concretes doped with natural sepiolite mineral. Radiochim Acta. 2981.

Elsafi, M.; El-Nahal, M.A.; Alrashedi, M.F.; Olarinoye, O.I.; Sayyed, M.I.; Khandaker, M.U.; Osman, H.; Alamri, S.; Abbas, M.I. (2021). Shielding Properties of Some Marble Types: A Comprehensive Study of Experimental and XCOM Results. Materials, 14, 4194.

Doğa ve Mühendislik Bilimlerinde Güncel Tartışmalar

7

