

# MÜHENDİSLİK

ALANINDA ULUSLARARASI ARAŞTIRMALAR - III

*Aralık 2022*

**EDİTÖRLER**

**PROF. DR. COŞKUN ÖZALP**  
**DOÇ. DR. ERTAÇ HÜRDOĞAN**

 **SERÜVEN**  
YAYINEVİ

**Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana**

**Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi**

**Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2022**

**ISBN • 978-625-6399-15-0**

**© copyright**

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla

çoğaltılamaz. The right to publish this book belongs to Serüven

Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in

any way without permission.

**Serüven Yayınevi / Serüven Publishing**

**Türkiye Adres / Turkey Address:** Yalı Mahallesi İstikbal Caddesi No:6

Güzelbahçe / İZMİR

**Telefon / Phone:** 05437675765

**web:** [www.seruyenyayinevi.com](http://www.seruyenyayinevi.com)

**e-mail:** [seruyenyayinevi@gmail.com](mailto:seruyenyayinevi@gmail.com)

**Baskı & Cilt / Printing & Volume**

Sertifika / Certificate No: 47083

# **Mühendislik Alanında Uluslararası Araştırmalar - III**

**Aralık 2022**

**Editörler**

Prof. Dr. Coşkun ÖZALP  
Doç. Dr. Ertaç HÜRDOĞAN





# İÇİNDEKİLER

## Bölüm 1

GÖRÜNTÜ İŞLEMİ İLE HAT SANATI TÜRÜNÜN TANINMASI  
Milad RABBANİA, Eyyüp GÜLBANDILAR, Faik YAYLAK..... 1

## Bölüm 2

YAPAY ÖĞRENME TEKNİKLERİ İLE ARAÇ HASAR TESPİTİ  
VE FİYAT TAHMİNİ

Fatih SOYGAZİ, İbrahim ARIKAN, Arda ŞEN ..... 19

## Bölüm 3

NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI GERÇEK ZAMANLI  
HAVA İZLEME SİSTEMİ

Hakan YÜKSEL..... 35

## Bölüm 4

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR: TARİHSEL GELİŞİMİ,  
ŞARJ SİSTEMLERİ, ŞARJ TEKNOLOJİLERİ, ŞEBEKE  
ENTEGRASYONU VE SON GELİŞMELER

M. Mustafa ERTAY, Zeynep Tuğba CEM ..... 53

## Bölüm 5

SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİNİ TEK DEĞERLE  
ÖZETLEYEN ROZA ÖLÇÜTÜYLE UYKU EVRELEME  
SİSTEMLERİN DEĞERLENDİRMESİ

Mesut MELEK, Negin MELEK ..... 99

## Bölüm 6

MENDERESLİ AKARSU VE DERİN DENİZ SİNÜS  
KANAL SİSTEMLERİ ARASINDAKİ BENZERLİKLER VE  
FARKLILIKLAR

Onur ALKAÇ..... 111

## Bölüm 7

GAZ TÜRBİNLİ REKUPERATÖRLÜ KOJENERASYON  
SİSTEMLERİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

Rabi KARAALİ, Arzu KEVEN..... 137

## Bölüm 8

### YAPAY ZEKA, VERİ MADENCİLİĞİ VE GÖRÜNTÜ ANALİZİNİN ORMAN ENDÜSTRİ ALANINDA BAZI UYGULAMALARI

Selahattin BARDAK, Timuçin BARDAK ..... 155

## Bölüm 9

### GIDA MÜHENDİSLİĞİNDE NANOTEKNOLOJİ UYGULAMALARI

Fadime ATİK, Selda BULCA ..... 171

## Bölüm 10

### İKONİK MİMARİNİN, ZEMİN KAT MİMARİSİ VE MİMARİNİN STRES GİDERMEDEKİ ROLÜ İLE BİRLİKTE ELE ALINMASI

Varol KOÇ ..... 191

“

# Bölüm 1

## GÖRÜNTÜ İŞLEMİ İLE HAT SANATI TÜRÜNÜN TANINMASI\*

*Milad RABBANİNİA<sup>1</sup>*

*Eyyüp GÜLBANDILAR<sup>2</sup>*

*Faik YAYLAK<sup>3</sup>*

”

<sup>1</sup> Mühendis, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, e-posta: milad.rabbaninia@gmail.com, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-0633-5253>

<sup>1</sup> Prof.Dr. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim. Fak. Bilgisayar Müh. Böl., e-posta: egulbandilar@ogu.edu.tr , Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-5559-5281>

<sup>2</sup> Prof.Dr. Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Tıp Fak. Genel Cerrahi ABD, LinMetrics Çalışma Grubu, e-posta: faikyaylak@gmail.com , Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-1216-0429>

\*Bu çalışma, Prof.Dr.Eyyüp GÜLBANDILAR'ın danışmanlığında, Milad RABBANİNİA tarafından 2022 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği ABD'ında Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

## 1. GİRİŞ

Hat, insanların fikir ve düşüncelerinin yazı olarak anlatıldığı aracı ve dilidir. Dünyanın herhangi bir köşesinde yazılan hat türleri, çeşitli dillerde farklı yazılar ortaya çıkarmıştır. Arap ve İslam ülkelerinde ortaya çıkan Arapça yazıları ve bu yazıların üzerinde çalışma yapıp geliştirerek hat sanatları eserleri farklı yerlere gelmiştir. Hat sanatı, sanatçının yazı ve kullandığı kalem (maşkat) çeşitleri ile değişmektedir. Dünyanın en güzel ve zor yazılan hatlarından olan Arap hat sanatları birkaç önemli türlere ayrılmıştır. Bu çalışmayı zorlaştıran ve farklı tanıtan nokta Arap harflerinin yerine göre kelime ve cümle içinde farklı şekillerde yazılmasıdır. Bu harfler kelimenin başlangıç, orta ve sonunda yazılarak kısa uzun veya yalnız yazılmaktadır. O yüzden bu yazıları tanımlamak için her harfin nerede kullanıldığı ve nasıl yazıldığına dikkat etmek gereklidir. Mesela “B-ب” harfi kelimenin başında veya ortasında yazıldıysa bir sonraki harfe birleşik halde yazılır. Ama eğer aynı “B-ب” harfi kelimenin sonunda olursa ayrı ve tek başına yazılır. Bu harflerin birleşik veya ayrı yazılma şekli de sanatçının yazdığı eser ve kullandığı hat sanatı türüne göre kısa veya uzun olarak değişmektedir.

Günümüzde e-kitap ve elektronik kütüphanelerin artışı ve bu yönde devletler tarafından kağıdı az kullanma amacıyla birlikte çok miktarda kitap, gazete, dergi vs.. bir çok şekil ve kalitede taranıp ve görüntü olarak arşiv olup saklanmaktadır, o yüzden yapılan bu işlemlerin (e-yazılar ve dosyalama, arşivleme vb.) amacı rahat bir şekilde kaydetmek ve ulaşabilmektir. Belli ki binlerce yazı ve kitabı dijital şekilde tarayıp kaydetmek, onları normal ve kağıt halinde saklamaktan daha rahat ve ucuzdur. Bu durumda görüntü halinde olan yazılar ve dosyaları veri madenciliği ve metin madenciliği teknikleri ile değerlendirmek çok zor ve mümkün değildir. Genelde bilgi erişim sistemlerini ikiye ayırabiliriz: birincisi metin ve e-yazılar üzerinde madencilik yapmak ve bu şekildeki yazıların formatı HTML, HTM, DOC ve TXT olarak bahsedilebilir, ikincisi görüntü ve resimler üzerinde analiz yapmaktır ve bu sistemde veri tabanı resimler ve görüntülerle oluşturulmuş ve görüntü işlemi algoritmaları ile değerlendirilir.

Bu tez çalışmasında, İslam ülkelerinde gelişmesi ve ortaya çıkan birçok hat sanatı türü olmak üzere bu yazılar ve eserleri görüntü hallerini değerlendirip ve son yıllarda mühendislik alanında çok kullanılan görüntü işlemi algoritmaları ile resimlerin sınıflandırması ve bu yönde hat sanatı türlerinin özellikleri ve tanımı değerlendirilmiştir. Bu çalışmadaki amaç koleksiyoncular, antikacılar ve kütüphaneciler gibi çalışmalarda eserlerin türlerini rahat bir şekilde tanımlayıp ve doğru ilkelerle yazıldığını ortaya çıkarmak için destek yazılım sistemi tasarlanmasıdır.

Hat tanıdık ve görünmüş semboller kullanarak, zihniyetleri ve düşünceleri kaydetme ve yazma sanatı ve aracıdır. Hat sanatı, harflerin ve kelimelerin yazılış güzelliği belirli ilkeler ve kurallara dayanır. Hat sanatının İslam'daki önemi ve hat sanatında gösterilen ilgi ve geçmişte yaygınlaşması, Kuranı Kerim ve hadis kitaplarının yazılmasından kaynaklanmaktadır. Hat sanatı bilimsel ve kültürel gelişmelerin kaydedilmesi ve yayınlanması ile uygulamalı sanatlar alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Bataineh vd, 2011).

Hat sanatının en önemli türlerinden “Kufi, Talik, Divani, Nesih, Muhakkak, ve Suls” olmak üzere bu türlerden ortaya çıkan bir kaç hat sanatı daha bulunmaktadır. Kufi, Kuran’ın yazıldığı ilk hat türüdür. İran’da islamın yükselişinden sonra bu hat sanatı popüler hale gelmiştir. İslam’ın gelişinin ikinci on yılında Kufe ve Basra şehirlerinin kurulmasıyla birlikte Arap diline ve hat sanatına çok önem veren değerli alimler ortaya çıktı. Kufe Mekke-Medine hat sanatında belirleyici rol olarak yeni bir hat sanatı, kufi adlı olarak ortaya çıktı. Kufi yazıları Arap harflerinin köşeli, sert, dik ve yatay düzenli bir şekilde yazılan hat sanatı türüdür. Kufi hat sanatı iki şekilde yazılıp kullanılmaktadır: Yazma Kufi ve Yapma Kufi. Yazma kufi, kalem ve meşketle yazılan Kufi yazısıdır, Yapma kufi ise cetvel, gönye ve pergel gibi aletlerle çizilerek ortaya çıkan yazılardır.

Talik türü beşinci yüzyılda Rika ve Tevki yazılarının gelişmiş yazı çeşididir. İlk olarak İran’da ortaya çıkmış ve iki türde (Nestalik ve Kırık Nestalik) yazılmaktadır. Bu yazı geçmişte bir çok hükümdarların emrinde olan katip ve münşi ismini taşıyan kişilerin kullanılan yazısıdır, süratle yazıldığı belirli ilkeler ve ölçülerin ve şekillerin dışına çıkılması nedeniyle harfler ve kelimeler iç içe oturur ve bazı yerde birleşmeyen harflerin bağlandığı görünür. Talik yazılarında satır sonu bükülerek yukarıya doğru yükselir ve harfleri uzun kıvrıntılarla bitmiş olur (Kaspor, 2018).

Divani hat sanatı Osmanlı Devletlerinde ortaya çıkan ve birçok kararname, fermanlar ve hükümler gibi resmi yazılar bu hat ile yazılmıştır. Bu hat yazısı divanda yazılması nedeniyle bu ismi almıştır. Osmanlı ve Mısır yazarları tarafından Talik hattı üzerinden ilham alıp değişiklik yaparak Divani hattı ortaya çıkmış ve Süleyman şah zamanında en çok kullanılan hatlardan birisidir. Divani hattı iki şekilde yazılır: eğer hareke ve noktaları ile süslenip yazıldıysa “Celi Divani” ve eğer bu özellikleri yoksa “Divani Kırmısı” veya “Khefi” olarak adlandırılır. Divani yazılarının özelliklerinden satır ve kelimelerin son kısmı sivri bir uç şekilde yukarıya yükselir ve satır sonunda sözü bitirmek için bir işaret aşağıya doğru çekilir ve tüm Divani yazılarında harfler yazılırken biraz kıvrılmış vaziyettedir.

Nesih, Kufi hat sanatının geliştirilmiş hali ve bazı yazarlar Kufi hat-tına Nesih'in babası olarak söylemişler. Rahat yazılıp rahat okunması ne-deniyile birçok günlük yazılarda Nesih hattı kullanılmıştır. Yıllar sonra Kufi hattı sanata yönelirken, Nesih hattı irtibat ve iletişim kurmak için yazılmaya devam etmiştir. Nesih hattı yazı, düz ve yarı yuvarlak bir oran-da yazılması, rahat ve hızlı okunması sebebiyle harfleri düzenli ve basit bir şekilde yazılmıştır.

Muhakkak, bu tür yazılarda harfler %80 düz ve %20 yuvarlak yazılır o yüzden Kufi hattına benzemektedir, Kufi hattından farkı yatay harfle-rin daha uzun olması, satırlar daha düzenli ve kalın, harflerin birbirinden mesafeli ve düz olmasıdır. Muhakkak hattının özelliklerinden "ن" harfi ve benzeri olan harflerin yuvarlak yazılmasının oranı daha az ve orta çiz-gisine yakın yazılır. "و - ر - م" harfleri kalemi kıvratmadan yazılır ve yazılardaki tüm kelimeler orta çizgiye yakın yazılmaktadır. "فلا" harfle-rinde daha uzun başlık veya "Türre" görünür. Şekil 1. Muhakkak hattının özellikleri görülmektedir (Fazaeli, 2008).

Suls veya Sülüs hat sanatı Nesih'in büyük ve daha ağır yazılma ha-lidir. Sülüs Arapça'da 1/3 demektir. Bu hat sanatı yazıları üçte bir düz ve üçte ikisi yuvarlak yazılmaktadır. O yüzden Sülüs ismi verilmiştir. Sülüs hat sanatının bazı özelliklerinden "ك - ال - ه - ر - د - فل" Arapça harfle-rin Türre veya başlığı vardır, kelime ve satırların son harfleri kalemin ucu ile ince bir şekilde yazılması ve bazı harflerin iç içe olması ve birbirine yapışarak yazılmasından söz edilebilir.. Şekil 2. Sülüs hattının özellikleri gösterilmiştir (Fazaeli, 2008).



Şekil 1. Muhakkak hattının özellikleri (Fazaeli, 2008).



*Şekil 2. Sülüs hattının özellikleri (Fazaeli, 2008)*

Bugün birçok alanda yazı ve metin üzerinde analiz ve çalışmalar yaparak önemli bilgiler edinmiştir. Metin tanıma konusu ilk başta basit gözükse de yıllar sonra teknolojilerin ilerlemesiyle bu konuda büyük problemler yaşanmıştır. İletişim sistemlerinde gelişmeler nedeniyle ve verilerin her gün daha çok artışıyla birlikte bu verileri hızlı ve doğru okuyup, kaydeden sistemlere ihtiyaç duyulmuştur. 1993 yılından itibaren bu konu ile ilgili birçok çalışmalar yapılmış birden çok sistem ortaya çıkmıştır. Bu sistemler üç nesile ayrılır: ilk nesil sistemler sadece belirli bir boyut ve yazı tipine sahip karakterleri tanıyabiliyordu, karakterlerin konumunu, boyutlarını ve noktalarını değiştirmeye karşı çok hassas yöntemler kullanırdı. İkinci nesil sadece birkaç el yazımı sayılar gibi karakterleri tanımlıyordu. Üçüncü nesil sistemler, düşük kaliteli karakterlerin ve latin el yazılarını tespit etmek için tasarlanmıştır. Bugün, bu sistemler farklı yazı tiplerinde ve farklı boyutta latin karakterlerini doğru bir şekilde ayırt edebiliyor, ancak el yazısı metinleri veya Farsça ve Arapça gibi eğri çizgiler kullanan yazıları tanımada hala bir çok sorun vardır.

Pourasad (2012) çalışmasında, Farsça görsel metinlerinden Farsça kelimeleri almak ve aramak için yeni bir sistem sunulmuştur. Önerilen sistemde kelimenin tanımı ve kelime arama sistemini değerlendirmek için bilgisayar yardımıyla birlikte birkaç görüntü veritabanı oluşturuldu. Değerlendirme için kullanılan ana görüntü tabanında toplam 448 temiz, gürültüsüz görüntüden oluşmak üzere %98 yazı tipi boyutu ve türü doğru bir şekilde tespit edilmiştir. Ayrıca, kelime okuma ve tanıma sistemi, görsel veri tabanından kelimeleri %82 doğrulukla tespit etmiştir. Bu doğruluk ve geri kazanım oranı 200 Farsça kelime üzerinden değerlendirerek elde edilmiştir.

Salouhou (2019) çalışmasında, Arapça el yazısı karakterler tanıma ve Ahmed vd. (2017)'nin Arapça veri setini kullanarak derin öğrenme algoritmaları (DNN, CNN, RNN) karşılaştırmak amacı ile resim sınıflandırması ve analizi yapılmıştır. Bu çalışmada ayrıca Cifar-10 (küçük resim

alt kümesi), Fashion-Mnist ve Mnist veri kümeleri üzerinde karşılaştırma yaparak yeni bir yaklaşımlar elde edilmiştir. Arapça veri kümesinde DNN, CNN ve RNN modelleri karşılaştırma sonucunda, doğruluk oranı CNN için en yüksek %99 olmak üzere tespit edilmiştir.

Broumand & İranpour (2018) çalışmalarında, sınırlı bir sözlükte Farsça el yazısını tanımak için bir sistem sunmuştur. Özniteliği tanımlamak için, giriş görüntüsü kümeleme ve ağırlık merkezi ile her bloğun merkezini elde ettikten sonra, Sift Flow algoritmasının bağlı bileşenlerinin ortalama merkezi kullanılır. İkinci adımda, aday kelimelerden yeni kelimeyi tanımak için çok sınıflı ve iki sınıflı destek vektör makinesi yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Iranshahr veri seti üzerinde hız ve doğruluk açısından iki sınıflı destek vektör makine yönteminin daha iyi performans sağladığını göstermektedir. Tanıma aşamasında test edilen el yazısı kelimeye yakın 5 küme seçilerek, çalışan kelime sayısını yaklaşık olarak %76.65 azaltılarak doğruluk oranı %93.37 arttırılacaktır.

El-Sawy vd. (2017) çalışmalarında, Arapça el yazısı karakterlerini tanımlamak için etkili bir şekilde uygulanabilecek bir derin öğrenme mimarisi modellemiştir. Bir Evrişimli Sinir Ağı (CNN), denetimli modda eğitilmiş özel bir ileri beslemeli çok katmanlı türüdür. CNN kullanarak 16800 el yazısı Arapça karakter içeren veri tabanını eğittikten sonra test yapılmıştır. Bu yazıda, CNN'nin performansını artırmak için optimizasyon yöntemleri uygulanmıştır. CNN kullanımı farklı makine öğrenimi sınıflandırma algoritmalarında önemli gelişmelere yol açar. Önerilen CNN modeli, test verilerinde ortalama %5.1 yanlış sınıflandırma hatası vermiştir.

Şekerci ve Kandemir (2009) yazılarında, birleşik ve eğik Türkçe el yazısı karakterlerinin üzerinde analiz yapılmıştır. Türkçe sözlük ve el yazıları kişiden kişiye değiştiği için bu yazıları değerlendirmek zordur ve bazı harflerin bitişik yazılması bu zorluğu arttırmaktadır. Önerilen sistemde, rastgele insanların küçük küçük harflerle yazılmış el yazıları değerlendirilmiştir. Tanıma sisteminde, bu yazıları sınıflandırmak için k-NN algoritması kullanılmıştır ve tanıma aşamasında kelimeler ve karakterlerin bölütlenmesi birlikte kullanılmışlardır. Bu çalışmada yanlış kelimeler düzeltilmiş ve anlamı olmayan karakterler çıkarılmıştır. Çalışmadaki karakter tanıma oranı %90.5 ve kelime tanıma doğruluk oranı %84 olarak elde edilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Veri seti

Bu tez çalışması için veri seti hat sanatı yazıların (eski ve yeni olmak üzere) ve resimlerin bulunduğu örnek kitaplar ve umumi birkaç örnek site



olmak üzere toplanmış ve bu çalışma için 6 kategoriye ayırarak modeli oluşturulmuştur. Toplam olarak veri setindeki resim sayısı 388 olup Divani için 60 yazı, Kufi için 75 yazı, Muhakkak hat sanatı için 43, Nesih için 60 resim, Suls ve talik içinde 90 ve 60 adet veri ayrı ayrı toplanmış ve model için tüm resimler boyut ve yazıların arkası beyaz olarak ayarlanıp ve gürültü oranı azaltılmıştır. Şekil.3’de 5 kategoride aynı cümlemin yazılışı örnek olarak verilmiştir (Anonim, 2017).

## 2.2. Veri arttırma

Modelimiz için başarı oranını arttırmak amacıyla açık kodlu jeneratör kullanılmıştır. Jeneratörlerin çalışma şekli çok kullanılan Arapça hat yazıları ve Kur’anı Kerim ayetleri normal Arap alfabesiyle yazılır ve sonraki adımda istenilen kategoriye çevirip veri seti oluşturulmuştur.



Şekil 3. Örnek cümlemin hat sanatı yazılma türleri (Anonim, 2017)

## 2.3. Hiper parametreler

Çalışmada, veri setinin %75 eğitim için ve %25 test verisi olarak rastgele ayrılmıştır. Modellerin performansları, test verilerine ait doğruluk ve hata değerlerine göre değerlendirilmiştir. Çalışmada Tablo 1’de kullanılan sınıflandırma modelleri ve parametre değerleri verilmiştir.

**Tablo 1.** *Çalışmada oluşturulan modeller ve değerler*

|                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| Sınıflandırma modelleri | Linear Regression   |
|                         | SVM                 |
|                         | kNN                 |
|                         | Logistic Regression |
|                         | Neural Network      |
|                         | Random Forest       |
| Hat kategorileri        | Kufi                |
|                         | Divani              |
|                         | Suls                |
|                         | Talik               |
|                         | Muhakkak            |
|                         | Nesih               |
| Repeat Train/Test       | 5                   |
| Eğitim seti boyutu      | %75                 |
| Test seti boyutu        | %25                 |

### 2.3.1.Kullanılan Uygulamalar

Verileri setinin oluşturulması, verilerin üzerinde görüntü işleme analizi, karşılaştırma ve sınıflandırması ve sonuçların değerlendirilmesi için birçok yazılımsal uygulama ve kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada kullanılan kaynaklar ve uygulamalar ayrı ayrı aşağıda açıklanmıştır.

### 2.3.2.Calligraphy generator

Arapça Kaligrafi Üreticisi, herhangi bir kelime veya istenilen cümleyi güzel bir İslami hat ile Arapça metne (Arapça el yazısı) dönüştüren ücretsiz bir çevrimiçi araçtır. Bu araç ayrıca, latin karakterlerde adınız, kelime veya cümleyi Arap harfleriyle nasıl görüneceğini merak ediyorsanız veya Arapça hat sanatıyla ilgileniyorsanız kullanışlı bir yazılım paketidir (Alex AB, 2021: <https://www.arabiccalligraphygenerator.com/>).

### 2.3.3.Orange data mining

Orange, Slovenya, Ljubljana Üniversitesi, Biyoinformatik Laboratuvarı, Bilgisayar ve Bilgi Bilimleri Fakültesi'nde açık kaynak topluluğu ile birlikte geliştirilen, makine öğrenimi ve veri madenciliği için kapsamlı, bileşen tabanlı bir yazılım paketidir (<https://orangedatamining.com/>).

### 2.3.4.Google colab

Colaboratory veya kısaca "Colab", Google Research'ün bir ürünüdür. Colab, herkesin tarayıcı aracılığıyla rastgele python kodu yazmasına ve yürütmesine izin verir ve özellikle makine öğrenimi, veri analizi ve eğitim için çok uygundur. Aslında Google Colab, projeleriniz için CPU veya

GPU veya TPU ile işlem yapmanızı sağlayan çevrimiçi bir ana bilgisayardır. Google Colab, kodunuzu GitHub veya Google Drive'dan arayabilir veya gönderebilir (<https://colab.research.google.com/>).

### 2.3.5.Python

Python, ilk olarak 1991'de tasarlanmış ve yayınlanmış, nesne yönelimli çok amaçlı bir dildir. Python programlama dilini oluşturmanın en önemli nedenlerinden biri kodun yüksek okunabilirliğidir. Python, programcılarının büyük ve küçük programlama projeleri oldukça açık ve net bir şekilde oluşturabilmeleri için tasarlanmıştır. Bu programlama dili tamamen çok yönlüdür ve verilerin, matematiksel hesaplamaların veya kod satırlarının kullanıldığı hemen hemen her yerde kullanılabilir. (<https://www.python.org/doc/>).

### 2.3.6.Numpy ve Scipy

Python'un diğer dillerden bariz farkı karmaşık ve daha büyük verileri daha hızlı hesaplama ve performans göstermesidir. Python'da bu özellikleri sağlayan sahip olduğu güçlü kütüphaneleridir. Numpy ve Scipy bu kütüphanelerden sayılır.

Numpy dizileri Python listelerine benzer, ama daha iyi performans göstermektedir. Bir Numpy dizisini işlemek, bir Python listesini değiştirmekten daha kolaydır. Birkaç Python listesi yerine bir Numpy dizisi kullanılabilir. Numpy dizileri ayrıca listelerden daha hızlı hesaplar ve matematiksel ve mantıksal işlemleri gerçekleştirmede çok daha verimlidir.

Scipy paketi, Python diline dayalı, bilimsel ve mühendislik hesaplamaları için kullanılan bilimsel ve açık kaynaklı bir kütüphanedir. Scipy kütüphanesi Numpy kütüphanesini temel alır ve n boyutlu dizilerle çalışmayı sağlar. Bu kütüphane, Numpy dizileriyle çalışmak üzere oluşturulmuştur ve birçok hesaplama ve optimizasyon işlemini verimli bir şekilde sağlar. Numpy ve Scipy paketleri mevcut işletim sistemlerinde çalışır ve kurulumu kolaydır. (<https://numpy.org/doc/>).

### 2.3.7.Tensorflow

Google tarafından geliştirilen Tensorflow, özellikle büyük ölçekli makine öğrenimi için tasarlanmış ve geliştirilmiş, sayısal hesaplama için güçlü bir açık kaynaklı yazılım kütüphanesidir.

Tensorflow, makine öğrenimi ve derin öğrenme modellerini ve algoritmalarını (diğer bir deyişle sinir ağları) entegre eder ve bunları kullanışlı ve kullanılabilir hale getirir. Bu kütüphane, yüksek performans düzeyinde çalışan uygulamalar oluşturmak için bir API sağlamak için Python'u kullanır. Tensorflow ayrıca, hesaplamaları yüzlerce sunucuya bölerek makul bir sürede çok büyük eğitim paketleri üzerinde devasa sinir ağlarını eği-

tebilmek için dağıtılmış hesaplamayı destekler (<https://www.tensorflow.org/resources/>).

### 2.3.8.Keras

Keras, derin öğrenme modellerini geliştirmek ve değerlendirmek için güçlü, kullanımı kolay ve ücretsiz bir açık kaynak kütüphanesidir. keras, Theano ve TensorFlow sayısal makine öğrenimi kütüphanelerini kapsar ve sinir ağı modellerini yalnızca birkaç kod satırında tanımlamanıza ve öğretmenize olanak tanır. Keras'ı anlamak ve uygulamak çok kolaydır. Keras ve Tensorflow arasındaki temel fark, Keras'da düşük seviyeli değişiklikler yapmak zordur. Bunu yapmak için bir Tensorflow'a ihtiyaç olucaktır (<https://keras.io/>).

### 2.4.Değerlendirme Kriterleri

Sınıflandırma konusunda, sınıflandırma yöntemlerini kullanan bir veri seti, kategorilerin sınıflandırılmasında ve tanımlanmasında mümkün olan en yüksek doğruluğu elde etmeyi amaçlar. Bazı durumlarda, kategorilerden birinden örnekleri doğru bir şekilde tanımlamamız bizim için daha önemlidir. Sınıflandırıcılar bu kriterleri değerlendirildiğinde bazı değerleri doğruyken yanlış ve yanlışken doğru tanımlayabilir. O yüzden karmaşıklık matrisi ve sınıflandırmak için doğruluk oranları oluşturulur.

#### 2.4.1.Karmaşıklık matrisi

Karmaşıklık matrisi, bir sınıflandırıcı tarafından yapılan doğru ve yanlış tahminlerin sayısının tablo halinde bir özetidir. Bir sınıflandırma modelinin performansını ölçmek için kullanılır.

Karışıklık matrisi, bir sınıflandırma algoritmasının performansını özetlemek için kullanılan bir tekniktir. Her sınıfta eşit olmayan sayıda gözlem varsa veya veri kümesinde ikiden fazla sınıf varsa, sınıflandırma doğruluğu tek başına yanıltıcı olabilir. Bir karmaşıklık matrisi hesaplamak, sınıflandırma modelinizin neyi doğru yaptığı ve ne tür hatalar yaptığı konusunda size daha iyi bir fikir verebilir.

Karmaşıklık matrisi, bir modelin performansı hakkında sınıflandırma doğruluğundan daha iyi bir fikir verdiği için yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, sınıflandırma doğruluğunda, yanlış sınıflandırılan örneklerin sayısı hakkında bilgi yoktur. Verilerinizin %85'inin A sınıfına ve %15'inin B sınıfına ait olduğu iki sınıfın olduğu düşünün. Ayrıca, sınıflandırma modelinizin A sınıfının tüm örneklerini doğru bir şekilde sınıflandırdığını ve B sınıfın tüm örneklerini yanlış sınıflandırdığını varsayın. Bu durumda model %85 doğrudur. Ancak, B sınıfı yanlış sınıflandırılmıştır ve bu istenmeyen bir durumdur. Karmaşıklık matrisi ise, tüm sınıflar için doğru ve yanlış sınıflandırılmış örnekleri görüntüler ve bu nedenle, sı-

nıflandırıcınızın performansı hakkında daha iyi bir fikir verir (Brownlee, 2016).

Karmaşıklık matrisini hesaplamak için uygulanan işlemler şöyledir:

1. Bir test veri setine veya beklenen sonuç değerine sahip bir doğrulama veri setine sahip olmak.

2. Test veri kümesindeki her satır için tahmin yapılır.

3. Beklenen sonuç ve tahminler sayılır.

1. Her satır için doğru tahmin sayısı

2. Tahmin edilen sınıf tarafından düzenlenen her sınıf için yanlış tahmin sayısı

Karmaşıklık tablosu veya matrisi, mevcut gerçek bilgilere dayalı olarak sınıflandırmanın sonuçlarını görüntüler. Bu değerlere dayanarak, sınıflandırma değerlendirme ve doğruluk ölçümü için farklı kriterler tanımlanabilir. Bu kriterler daha sonra Tablo 2 gibi bir tablo ya da matris halinde düzenlenir.

**Tablo 2. Karmaşıklık matrisi**

|              |         | TAHMİNİ DEĞER |         |
|--------------|---------|---------------|---------|
|              |         | POZİTİF       | NEGATİF |
| GERÇEK DEĞER | POZİTİF | TP            | FN      |
|              | NEGATİF | FP            | TN      |

Tablo 2. de gösterilen karmaşıklık matrisinde eğitim veri setinde belirlenmiş tahmini ve gerçek değerlerin 4 farklı kombinasyonunu içeren bir tablodur:

**Gerçek Pozitif (TP):** Gerçek değer ile tahmin edilen değerlerin aynı olduğu anlamına gelir.

**Gerçek Negatif (TN):** Gerçek sınıfın değeri negatif olduğunda ve Tahmin edilen sınıfında değeri negatif olunca ortaya çıkar.

**Yanlış Pozitif (FP):** Gerçek değer negatiftir ama tahmin edilen değerin pozitif olduğu durumlardır.

**Yanlış Negatif (FN):** Gerçek değer pozitifdir ama tahmin edilen değer negatif olduğunda ortaya çıkar (<https://deeptip.ir/>).

#### 2.4.2. Karmaşıklık matrisi kriterleri

**Doğruluk (Accuracy) :** Doğruluk (ACC), tüm doğru tahminlerin sayısının veri kümesinin toplam sayısına bölünmesiyle hesaplanır. En iyi doğruluk 1.0, en kötüsü 0.0'dır.  $1 - \text{ERR}$  ile de hesaplanabilir. Doğruluk değeri ne kadar yüksek çıkarsa, model o kadar iyi çalışıyor demektir.

Doğruluk, iki doğru tahminin (TP + TN) toplam sayısının bir veri kümesinin toplam sayısına bölünmesiyle hesaplanır.

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

**Kesinlik (Precision) :** Kesinlik, toplam pozitif tahmin sayısına bölünen doğru pozitif tahminlerin sayısı olarak hesaplanır. Pozitif prediktif değer olarak da adlandırılır. En iyi hassasiyet 1.0, en kötüsü 0.0'dır. Farklı bir deyişle Kesinlik, doğru pozitif tahminlerin (TP) toplam pozitif tahmin sayısına (TP + FP) bölünmesiyle hesaplanır (Shung, 2018 ).

$$\text{Kesinlik} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

**Hassasiyet (Recall) :** Hassasiyet veya Duyarlılık, toplam pozitif sayısına bölünen doğru pozitif tahminlerin sayısı olarak hesaplanır. Ayrıca geri çağırma (REC) veya gerçek pozitif oran (TPR) olarak da adlandırılır. En iyi duyarlılık 1.0, en kötüsü 0.0'dır. Aşağıdaki denklem, tüm pozitif sınıflardan kaç tanesini doğru tahmin ettiğimizi söyleyerek açıklanabilir.

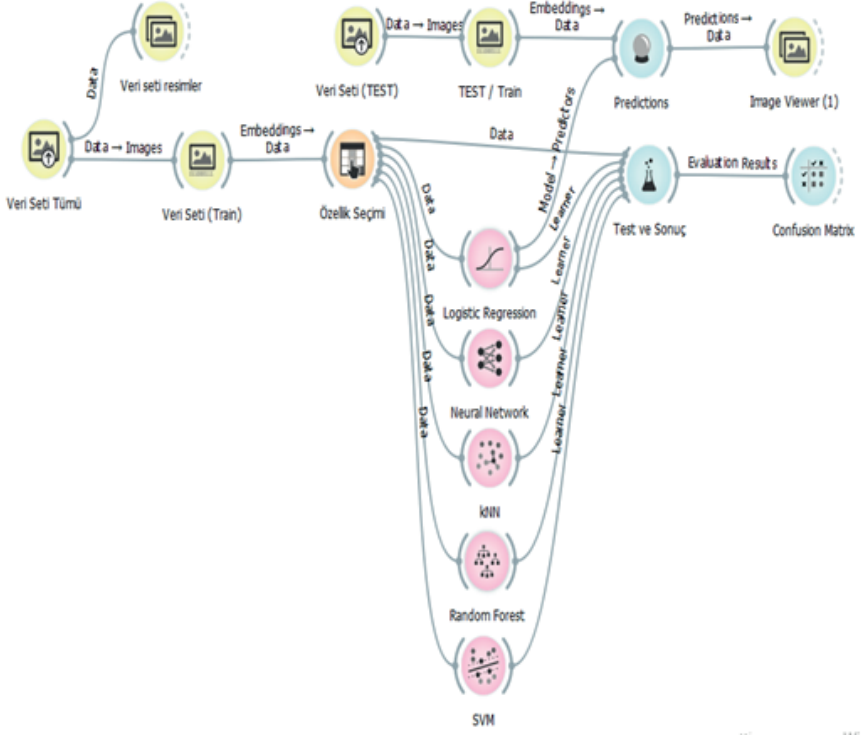
$$\text{Hassasiyet} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

**F1 Skoru :** F1 skoru, Kesinlilik ve Hassasiyetin harmonik ortalamasıdır ve bu nedenle bu iki ölçüm hakkında birleşik bir fikir verir. Kesinlilik, Hassasiyet değerine eşit olduğunda maksimumdur (Joshi, 2016).

$$\text{F1 Skoru} = \frac{2 \times \text{kesinlik} \times \text{hassasiyet}}{\text{kesinlik} + \text{hassasiyet}} \quad (4)$$

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 1’de verilen hiper parametreler ile ilk olarak Orange Veri Madenciliği (ODM) uygulamasını kullanarak toplanmış veri setimizin resimlerini tarayıp, eğitilmiştir (eğitim seti %75 ve test seti %25 olarak). İkinci adımda resimlerin özellik seçimi ve özellik tablosu oluşturulmuştur (feature selection). Özellik seçimi yapıldıktan sonra akış diyagramı kurulmuştur ve verilerimiz görüntü işleme algoritmalarından geçerek test ve sonuç elde edilmiştir. Test ve sonuç aşamasında her algoritmanın Doğruluk (Accuracy), Kesinlik (Precision), Hassasiyet (Recall) ve F1 Skoru hesaplanmıştır. Son olarak bu sonuçlara bakarak her kategorinin Karmaşıklık matrisi gösterilmiştir. Şekil 4.’de modelin akış diyagramı gösterilmiştir.



**Şekil 4.** Modelin akış diyagramı

Tablo 3’de kullanılan algoritmaların ve hat sanatı kategorilerinin sonuçları verilmiştir. Bu Tablode AUC (ROC eğrisi alanı), CA (Doğruluk), F1 (Harmonik ortalama), Precision (kesinlik) ve Recall (Duyarlılık) sonuçları tespit edilmiştir ve elde edilen sonuçlara göre veri setinin %75’ini eğitim ve %25’ini test olarak kullanan modeller arasında %90.3 doğruluk ile Logistic Regression en iyi sonucu elde etmiştir.

Akış diyagramında (Şekil 5, 6, 7, 8, 9) gösterildiği gibi test ve sonuç aşamasından sonra Karmaşıklık Matrisi her model için görüntülenmiştir.

**Tablo 3.** Modele ait test sonuçları

| Model               | AUC   | CA    | F1    | Precision | Recall | Test Doğruluk |
|---------------------|-------|-------|-------|-----------|--------|---------------|
| kNN                 | 0.960 | 0.800 | 0.797 | 0.811     | 0.800  | %80           |
| SVM                 | 0.987 | 0.891 | 0.891 | 0.893     | 0.891  | %89           |
| Random forest       | 0.949 | 0.775 | 0.775 | 0.776     | 0.775  | %77           |
| Neural network      | 0.986 | 0.901 | 0.901 | 0.902     | 0.901  | %90.1         |
| Logistic Regression | 0.987 | 0.903 | 0.903 | 0.905     | 0.903  | %90.3         |

|        |          | Predicted |      |          |       |       |       | Σ   |
|--------|----------|-----------|------|----------|-------|-------|-------|-----|
|        |          | divani    | kufi | muhakkak | nesih | sülüs | talik |     |
| Actual | divani   | 56        | 0    | 0        | 11    | 4     | 4     | 75  |
|        | kufi     | 8         | 70   | 4        | 3     | 0     | 5     | 90  |
|        | muhakkak | 6         | 0    | 28       | 4     | 16    | 1     | 55  |
|        | nesih    | 5         | 0    | 1        | 64    | 1     | 4     | 75  |
|        | sülüs    | 0         | 3    | 0        | 1     | 111   | 0     | 115 |
|        | talik    | 10        | 0    | 0        | 5     | 1     | 59    | 75  |
| Σ      |          | 85        | 73   | 33       | 88    | 133   | 73    | 485 |

Şekil 5. kNN modelin Karmaşıklık matrisi ((388 / 485) \* 100 = %80)

|        |          | Predicted |      |          |       |       |       | Σ   |
|--------|----------|-----------|------|----------|-------|-------|-------|-----|
|        |          | divani    | kufi | muhakkak | nesih | sülüs | talik |     |
| Actual | divani   | 54        | 1    | 4        | 6     | 5     | 5     | 75  |
|        | kufi     | 3         | 74   | 2        | 2     | 3     | 6     | 90  |
|        | muhakkak | 9         | 2    | 37       | 2     | 4     | 1     | 55  |
|        | nesih    | 4         | 0    | 3        | 57    | 2     | 9     | 75  |
|        | sülüs    | 1         | 5    | 2        | 2     | 105   | 0     | 115 |
|        | talik    | 11        | 2    | 1        | 9     | 3     | 49    | 75  |
| Σ      |          | 82        | 84   | 49       | 78    | 122   | 70    | 485 |

Şekil 6. Random Forest Karmaşıklık matrisi ((376 / 485) \* 100 = %77)

|        |          | Predicted |      |          |       |       |       | Σ   |
|--------|----------|-----------|------|----------|-------|-------|-------|-----|
|        |          | divani    | kufi | muhakkak | nesih | sülüs | talik |     |
| Actual | divani   | 66        | 0    | 2        | 5     | 1     | 1     | 75  |
|        | kufi     | 2         | 81   | 4        | 0     | 0     | 3     | 90  |
|        | muhakkak | 5         | 1    | 47       | 2     | 0     | 0     | 55  |
|        | nesih    | 4         | 0    | 1        | 66    | 0     | 4     | 75  |
|        | sülüs    | 0         | 3    | 0        | 1     | 111   | 0     | 115 |
|        | talik    | 7         | 4    | 0        | 2     | 1     | 61    | 75  |
| Σ      |          | 84        | 89   | 54       | 76    | 113   | 69    | 485 |

Şekil 7. SVM Karmaşıklık matrisi ((432 / 485) \* 100 = %89)



|        |          | Predicted |      |          |       |       |       |     |
|--------|----------|-----------|------|----------|-------|-------|-------|-----|
|        |          | divani    | kufi | muhaqqak | nesih | sülüs | talik | Σ   |
| Actual | divani   | 68        | 0    | 2        | 1     | 2     | 2     | 75  |
|        | kufi     | 0         | 80   | 4        | 0     | 0     | 6     | 90  |
|        | muhaqqak | 5         | 0    | 48       | 2     | 0     | 0     | 55  |
|        | nesih    | 0         | 4    | 0        | 65    | 3     | 3     | 75  |
|        | sülüs    | 0         | 2    | 0        | 0     | 112   | 1     | 115 |
|        | talik    | 2         | 2    | 0        | 0     | 1     | 64    | 75  |
| Σ      |          | 78        | 89   | 56       | 68    | 118   | 76    | 485 |

Şekil 8. Neural Network Karmaşıklık matrisi  $((437 / 485) * 100 = \%90.1)$

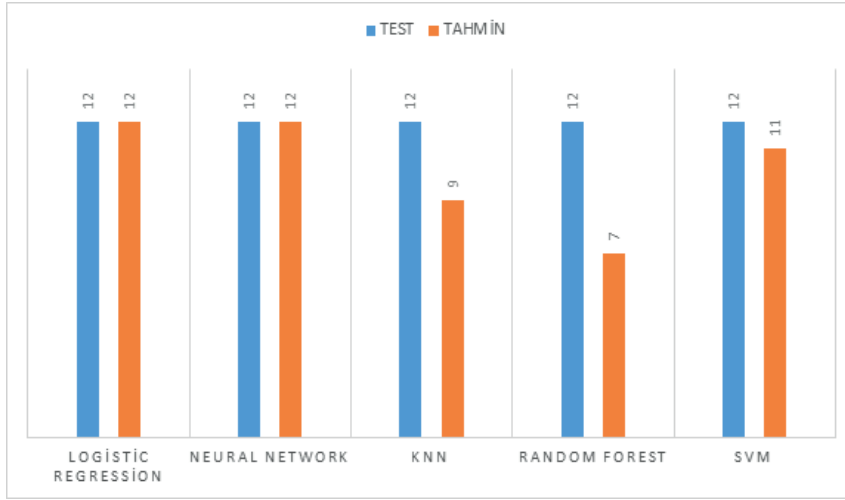
|        |          | Predicted |      |          |       |       |       |     |
|--------|----------|-----------|------|----------|-------|-------|-------|-----|
|        |          | divani    | kufi | muhaqqak | nesih | sülüs | talik | Σ   |
| Actual | divani   | 69        | 0    | 2        | 3     | 0     | 1     | 75  |
|        | kufi     | 0         | 82   | 3        | 1     | 0     | 4     | 90  |
|        | muhaqqak | 5         | 0    | 42       | 3     | 5     | 0     | 55  |
|        | nesih    | 1         | 0    | 0        | 72    | 1     | 1     | 75  |
|        | sülüs    | 0         | 2    | 0        | 0     | 110   | 3     | 115 |
|        | talik    | 10        | 0    | 0        | 1     | 1     | 63    | 75  |
| Σ      |          | 85        | 84   | 47       | 80    | 117   | 72    | 485 |

Şekil 9. Logistic Regression Karmaşıklık matrisi  $((438 / 485) * 100 = \%90.3)$

Karmaşık matrislerinde modellerin doğruluk yüzdesini elde etmek için doğru tahmin edilen görüntülerin (mavi renk olan sayılar) toplamını elde ettikten sonra toplam resim sayısından çıkartıp yüze çarpılmış hali modelin yüzde kaç oranla doğru tahmin ettiğini ortaya çıkarmıştır. Son olarak akış diyagramında gösterildiği gibi en başarılı modeli ayrı olarak da birkaç rastgele seçilmiş resim üzerinde test edildi ve sonuç Tablo 4.'de verilmiştir.

**Tablo 4.** Manuel olarak doğru test ve tahmin edilen resim sayısı

| Kategori | Test Resim Sayısı | kNN | SVM | Random forest | YSA | Logistic Regression |
|----------|-------------------|-----|-----|---------------|-----|---------------------|
| Kufi     | 12                | 9   | 12  | 8             | 12  | 12                  |
| Suls     | 12                | 9   | 11  | 7             | 12  | 12                  |
| Divani   | 12                | 8   | 10  | 6             | 12  | 12                  |
| Talik    | 12                | 9   | 11  | 7             | 12  | 12                  |
| Muhakkak | 12                | 7   | 8   | 6             | 12  | 12                  |
| Nesih    | 12                | 9   | 11  | 7             | 12  | 12                  |

**Şekil 10.** 12 rastgele resimlerin ayrıca sınıflandırma grafiği

Bu çalışmada hat sanatı yazılarının görüntüleri incelenmiş, türlerin 6 kategoride görüntülerin sınıflandırılması için farklı görüntü işlemi yöntemleriyle oluşturulan modellerin karşılaştırılması yapılmıştır. Elde edilen verilere göre modellerin sonuçlarının parametrelere göre farklılık gösterdiği gözlenmiştir.

Ayrıca bu çalışma için farklı sonuçlar elde etmek ve karşılaştırma yapmak için son yıllarda çok kullanılan derin öğrenme modeli olan Relu aktivasyon fonksiyonu aynı veri seti üzerinde çalıştırılmış ve Tablo 5’de gösterildiği gibi farklı hiper parametreler ile analiz yapılmıştır. Veri setinin resim sayısının düşük olması ve hat sanatı yazılarının benzerlik oranı yüksek olduğu için doğruluk oranları zayıf ve düşük kalmıştır. Bu model ile analiz etme amacımız daha büyük bir veri seti kullanarak sınıflandırma yapılması ve daha iyi sonuçlar elde etmektir.

*Tablo 5. Çalışmada kullanılan modele ait sonuçlar*

| Model No | Nöron Sayısı | Aktivasyon Fonksiyonu | Epoc Sayısı | Optimizasyon Fonksiyonu | Doğruluk | Kayıp    |
|----------|--------------|-----------------------|-------------|-------------------------|----------|----------|
| 1        | 32           | Relu                  | 5           | rmsprop                 | 0.21     | -1500.62 |
| 2        | 32           | Relu                  | 10          | rmsprop                 | 0.24     | -1030.82 |
| 3        | 64           | Relu                  | 5           | rmsprop                 | 0.29     | -7802.1  |
| 4        | 64           | Relu                  | 10          | rmsprop                 | 0.33     | -7009.56 |

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Görüntü işlemindeki en iyi sınıflandırma modelini bulmak için farklı yöntemler ve algoritmalar ve altı farklı hat sanatı türünün elle yazılmış resimleri değerlendirilmiştir. Modellerin sonuçları yazıların boyutu ve sanatçının kullanmış olduğu kalem (maşkat) kalınlığına göre değişmektedir. Bu çalışmada hat yazısı generatör desteği ile daha iyi sonuç elde etmek amacı ile yazıların boyutlarını orjinal yazılarla benzer oranda kullanılmıştır.

Görüntü analizi modelleri ve ağırları oluşturmada önce resimlerin tamamı aynı piksel ve boyutlarda olup, hata ve gürültü oranı azaltılmıştır. Bir sonraki adımda resimlerin özellik seçimi yapılmıştır ve resimlerin %75 eğitim seti olarak ve görüntü işleme için farklı algoritmalar ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına bakıldığında genel olarak Logistic Regression ve Neural Network fonksiyonları en yüksek doğruluk yüzdesini ortaya koyarken, Random Forest en düşük doğruluk oranlı model olarak belirlenmiştir.

Görüntü işleme (image processing) çalışmalarında, kullanılan veri setinin yapısı, boyutu, eğitim setinde olan örnek sayısı ve kullanılan fonksiyona göre modellerin performansları değişiklik göstermektedir.

Bu çalışmada önceki bölümlerde anlatıldığı gibi temel olarak görüntü işleme ile hat sanatı türünün tanımı ve sınıflandırması yapılmıştır ve en iyi sonuç gösteren modeller sunulmuştur. Ayrıca karşılaştırma amacı ile tasarlanan derin öğrenme modeli (Relu) ve sonuçları değerlendirilmiştir. Gelecekteki çalışmada daha büyük bir veri seti ile derin sinir ağırları, farklı optimizasyon yöntemleri ve aktivasyon fonksiyonları ile oluşan modellere odaklanacaktır. Ayrıca hat sanatı eserlerinin daha detaylı incelemek için orijinal olup olmadığını tespit etmek için çalışma yapılacaktır.

#### Teşekkür

Yazarlar, kitabın yazımı için desteklerini esirmeyen Hattat Mahmut ŞAHİN'e teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

- Bataineh, B., Abdullah, S. & Omar, K. (2011). Arabic calligraphy recognition based on binarization methods and degraded images, 2011 International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Robotics, p.66-69.
- Broumand, S. & İranpour, M. (2018). Handwritten word recognition by new feature and lexicon reduction, Machine Vision and Image Processing Winter 2018 , 4(2), 35-47.
- Brownlee, J. (2016). What is a confusion matrix in machine learning, <https://machinelearningmastery.com/confusion-matrix-machine-learning/> , Erişim Tarihi: 16.03.2021
- Budhiraja, A. (2016). Dropout in (deep) machine learning, <https://medium.com/@amarbudhiraja/https-medium-com-amarbudhiraja-learning-less-to-learn-better-dropout-in-deep-machine-learning-74334da4bfc5> , Erişim Tarihi: 05.03.2019
- El-Sawy, A., Loey, M. & El-Bakry, H. (2017). Arabic handwritten characters recognition using convolutional neural network, 2017 Wseas Transactions on Computer Research, e-ISSN: 2415-1521
- Fazaeli, H. (2008). Teaching Script, (10th ed.). Tehran: Soroush Publications.
- Kaspor, H., Chareie, A., Asadi, M. & Haseli, P. (2018). Investigating the Effects of Technology on Nastaliq Script, Journal of History Culture and Art Research, 7(3), 724-733.
- Pourasad, Y. (2012). Retrieval of printed persian documents based on word query, 2012 Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctor of Philosophy (PhD) Degree in Electronic Engineering.
- Salouhou, A. (2019). El yazısı karakter tanıma ve resim sınıflandırma derin öğrenme yaklaşımları, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Yüksek Lisans Tez Çalışması, p.27-30.
- Shalev-Shwartz, SH. & Shai Ben,D. (2014). Understanding machine learning: from theory to algorithms, Book by Shai Ben-David and Shai Shalev-Shwartz.
- Şekerci, M. & Kandemir, R. (2009). Birleşik ve eğik Türkçe el yazısı tanımadaki k-NN sınıflama yöntemi ve sözlük kullanımı, Trakya Univ J Sci, 10(1):97-102.

“

## Bölüm 2

### YAPAY ÖĞRENME TEKNİKLERİ İLE ARAÇ HASAR TESPİTİ VE FİYAT TAHMİNİ

*Fatih SOYGAZI<sup>1</sup>*

*İbrahim ARIKAN<sup>2</sup>*

*Arda ŞEN<sup>3</sup>*

”

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi Fatih Soygazi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, 0000-0001-8426-2283

<sup>2</sup> İbrahim Arıkan, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 0000-0002-6147-9700

<sup>3</sup> Arda Şen, PiA (People in Action) Bilişim Hizmetleri A.Ş., 0000-0002-8600-5085

## GİRİŞ

Araç fiyatı tahminleme, içerdiği faktörler açısından karmaşık ve pazarın ihtiyaçlarını karşılaması amacı ile de önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. 2021 yılı itibarı ile toplamda 3.540.937 adet ilanın 1.652.710 adedi satılmıştır (%47) (Indicata, 2021). İlan oranı bir önceki yıla göre %5 artış göstermekle beraber satışlarda %19 düşüş görülmektedir. Bu düşüşün önemli etkenlerinden biri ekonomik sebepler ve pandemi koşulları olmanın yanı sıra bir diğer etken ise pazara olan güvensizlik ve piyasadaki fiyatların belirsiz bir şekilde değişmesidir. Bu değişim içerisinde bir aracın optimum fiyatına ulaşmak için satıcılar yüksek rakamlardan araçlarını ilan sitelerine koymakta alıcılar ise bu rakamlardan çok aşağıda tekliflerde bulunmaktadır. Böylece süreç iki taraf açısından da uzamaktadır. Neticesinde pazardaki değerine yaklaşan araç satılmaktadır ancak bu pazar değeri en başta gerçekçi tahminlenmediğinden dolayı alışveriş süreci ciddi biçimde sekteye uğramaktadır. İlgili tahminlemenin büyük ve gelişmeyi sürdüren bir araç piyasasında gözlemle yapılması mümkün olmadığından otomatize yaklaşımlara yönelinmesi kaçınılmazdır. Bu amaçla regresyon analizi (Noor ve Jan, 2017; Monburinon ve ark., 2018), araçların belirli fiyat aralıkları üzerinden ucuz-pahalı-normal fiyatlı şeklinde sınıflandırılması (Gegic ve ark., 2019), yapay sinir ağları kullanılması (Gongqi ve ark., 2011; Idris ve ark., 2020), nörobulanık çıkarsama yöntemi (Wu ve ark., 2009), kategorik özniteliklere dair varlık temsili uygulanması (Van Thai ve ark., 2019) veya farklı makine öğrenmesi teknikleri karşılaştırmalı olarak denenerek (Pudaruth, 2014) çözümler sunulmuştur.

Çalışmamız yapılan çalışmalardan farklı olarak öncelikle metin sınıflandırma ile araçların hasar durumunu tespit etmeye odaklanmakta sonrasında var olan temel özniteliklere hasar durum bilgisini de bir öznitelik olarak dahil ederek araç fiyatını tahminlemektedir. Metin sınıflandırma üzerine geçmişten günümüze kadar farklı yabancı kaynaklı yaklaşımlar önerilmiştir (Ikonomakis, Emmanouil & Kotsiantis, Sotiris & Tampakas, 2005; J. Lilleberg, Y. Zhu ve Y. Zhang, 2015). Türkçe dilinde hazırlanmış metinler üzerine yapılan çalışmaların eksikliği sebebi ile bu çalışmada Türkiye’de bulunan bir ikinci el ilan sitesi ele alınıp Türkçe metin işleme üzerine odaklanılmıştır.

Çalışmanın metin sınıflandırma aşamasında ilk olarak geleneksel makine öğrenmesi algoritmaları kullanılmıştır. Günümüzde geleneksel makine öğrenmesi algoritmalarının aksine modern sinir ağı tabanlı öğrenme modellerinin metin işleme yaklaşımlarında daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple çalışmanın devamında Word2vec ve ELMo yöntemleriyle Türkçe terimler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde araçların özellikle Türkiye’deki hasarın araç fiyatına

etkisinin ele alınması ile hem hasar bilgisi hem de diğer temel öz nitelikler düşünülerek araç değerlemeleri gerçekleştirilmiştir.

## BENZERİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde özellikle metin sınıflandırma alanında Türkçe çalışmalar üzerinde durulmuştur. Çalışmamızın katkısı Türkçe metin sınıflandırma yöntemleri ile ücret tahminleme için kullanılan yöntemleri beraberce ele almaktır. Çalışmamızın Türkçe'ye katkısının net biçimde ifade edilmesi için Türkçe metin sınıflandırma ile yapılan çalışmalar bu bölümde detaylı incelenmiş, ileriki bölümlerde bu çalışmalardan faydalanarak metin sınıflandırma yardımı ile araç hasar tespitinin ve bu tespitin yardımı ile araç fiyat tahminlemesinin nasıl yapıldığı açıklanmıştır.

Araca uygun fiyatın ne olduğunun araştırılması üzerine yapılan çalışmada (Internet: S. Yıldırım, 2020), veri toplama teknikleri ve bazı makine öğrenmesi modelleri kullanılmıştır. Araç piyasa araştırması Sahibinden.com üzerinden yapılmış olup kullanılan veriler bu site üzerinden toplanmıştır. Veri toplama işlemi için HTML ve XML dosyalarından veri toplamak amacı ile oluşturulmuş olan Beautiful Soup (Python) paketi kullanılmıştır. Siteye erişim için istek atıldıktan sonra HTML kodları toplanıp ardından kodlar içerisinde gömülü olan araç bilgileri belirli başlıklara atama yaparak ayrılmıştır. Toplanan veriler temizlenip düzenlendikten sonra veri analizi yapılmıştır. Analizde araçların fiyat ortalaması, ilan süresine bağlı olarak satış yüzdeleri, ilan lokasyonunun satışa etkisi, hangi renk araçların daha fazla satışının yapıldığı, en çok tercih edilen araç yaşı ve araç kilometresinin fiyata etkisi araştırılmıştır. Araştırma boyunca farklı makine öğrenmesi modelleri kullanılmıştır. İncelemeler sonunda araç bilgileri girilerek aracın fiyatı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Araştırmada Linear Regression ve Random Forest Regression kullanılmıştır. Linear Regression algoritması ile eğitim setinde 0.835'lük, test setinde ise 0.839'lık R Kare skorları elde edilmiştir. R Kare, modeldeki bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler tarafından ne seviyede etkilendiğini tespit eden bir metriktir. Random Forest Regression algoritması ile eğitim setinde alınan R Kare değeri 0.902 iken test kümesinde alınan R Kare değeri ise 0.899 dur. Kullanılan iki algortmada alınan değerler karşılaştırıldığında Random Forest Regression algoritması daha yüksek bir skor sağladığı için araç fiyat tahmini yaparken bu algoritma kullanılmıştır. Algoritmada kullanılacak olan öz nitelikler için 'Location (Konum)', 'Color (Renk)', 'Age (Araç Yaşı)', 'Km', 'Engine (Motor Hacmi)' ve 'Ad Duration (İlan Süresi)' bilgilerinden yararlanılmıştır. Tüm değişkenlerin korelasyon matrisi oluşturulup fiyat ile aralarındaki ilişki incelenmiştir. Korelasyon matrisine göre Random Forest Regression algoritması eğitilirken 'Age (Araç Yaşı)', 'Km', 'Engine (Motor Hacmi)', 'Ad Duration (İlan Süresi)', 'Price

(Fiyat)’ araç bilgileri aracın fiyatını tahmin etmek için kullanılmış ve aracın fiyat tahmini gerçekleştirilmiştir.

Bir başka çalışmada (ALT, 2019) Irvine CA ve Riverside CA bölgesinde kullanılmış araç fiyatlandırmasının belirleyicileri üzerine araştırma yapılmıştır. Araç pazarları dinamik olduğu için iki farklı lokasyon kullanarak karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmayı yapabilmek için Cars.com’dan Kaliforniya eyaletinde bulunan iki şehir olan Irvine ve Riverside’da bulunabilecek 6 farklı otomobil markası tercih edilmiştir. Cars.com’dan veri toplama işlemi yapılırken Beautiful Soup paketi kullanılmıştır. Ekonomik sınıfa dahil olan Nissan Sentras, Ford Focus ve Chevy Malibus ile lüks sınıfa ait olan Porsche Macans, BMW X3s ve Audi A4s araçlarına ait olan ‘Vin (Vehicle Identification Number)’, ‘Year (Aracın Üretim Yılı)’, ‘Car description (Satıcının araç hakkındaki açıklamaları)’, ‘Price (Fiyat)’, ‘Mileage (Kilometre)’, ‘Exterior color (Dış Boya)’, ‘Interior color (İç Boya)’, ‘Transmission (Şanzıman)’, ‘Drivetrain (Güç Aktarma Parçası)’, ‘Link’ bilgileri toplanarak veri temizleme yapılmıştır. Veriler, yedi farklı makine öğrenmesi modeli ile eğitilmiştir. Random Forest ve Decision Tree modellerinden 94.09 gibi yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir. Bu modeller kullanılarak yeni eklenecek olan araçların fiyat tahmini yapılmıştır. Araştırma sonucunda Irvine şehrindeki fiyatların daha yüksek olduğu (yüksek gelirli şehir sakinlerin sebep olduğu tahmin ediliyor), kilometre ve araç yaşının fiyattaki etkisinin çok fazla olduğu ve araç satın alınırken daha (düşük gelirli toplulukların bulunduğu şehirler) uygun fiyatlı şehirlerin tercih edilmesi gerektiği önerilmiştir.

Işık tarafından yapılan (M. Işık, 2019) müşteri yorumları üzerinde metin analitiği çalışmaları ve yorumların makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak modellenmesi ile ilgili çalışmada müşteri yorumlarının içerdiği kelime ağırlıklarına göre iyi veya kötü olarak yorumların sınıflandırılması amaçlanmıştır. “İşaretleme ve Metin Ağırlıkları” kısmında ise TF-IDF yöntemi kullanılmıştır.

Kelimeler arasında anlamsal veya kavramsal açıdan ilişki kurmak için kelimelerin ne sıklıkla bir arada geçtiği kelime temsilleri (word embeddings) yardımı ile ifade edilmektedir. Kelime temsilleri ile yapılan makine öğrenmesi çalışmaları metin sınıflandırmasında kullanılmaktadır. Acı ve arkadaşları (Ç. İ. Acı, A. Çırak., 2019), konvolüsyonel sinir ağı ve kelime temsillerinin oluşturulması amacı ile Word2Vec kullanarak Türkçe haber metinlerinin sınıflandırılması üzerinde çalışmıştır. Sınıflandırma performansları ölçülerek oluşturulan iki farklı konvolüsyonel sinir ağı modeli için sonuçlar kıyaslanmıştır.

Çelik ve arkadaşları (Çelik, Ö., Koç, B. C., 2021) farklı Türkçe haber kaynaklarından toplam altı kategoride elde edilen veri kümesi üzerin-



de metin sınıflandırma çalışması yapmıştır. İlk olarak haber metinleri ön işlemeden geçirilerek temsil edilmiştir. Ön işlemeden geçirilen metinler Tfidfvectorizer, Word2Vec ve FastText yöntemleri ile ayrı ayrı vektörize edildikten sonra Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine, SVM), Naive Bayes, Logistic Regression, Random Forest ve Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network, ANN) yöntemleri ile sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda TF-IDF, Word2Vec ve FastText ile elde edilen vektör modellerinin sınıflandırma başarı oranlarının birbirine çok yakın olduğu, ancak en başarılı oranı %95.75 ile FastText yöntemi ve vektör modeli ile elde edilen metnin SVM ile sınıflandırılmasından elde edildiği belirtilmiştir. Word2Vec için en iyi başarı oranlarını ANN yönteminin verdiği gösterilmiştir. Ayrıca TF-IDF yönteminde, her bir haber metni için oluşturulan vektörün derlemdeki tüm kelime sayısı uzunluğunda olması sebebiyle TF-IDF yönteminin Word2Vec ve FastText yöntemine göre bellekte daha fazla yer kapladığı ve güçlü bilgisayarlar gerektirdiği gözlemlenmiştir. Vektör uzunluğunun azaltılması sonucunda, yöntemin başarısının düştüğü görülmüştür.

Dündar ve arkadaşları tarafından (Dündar, E.; Kılıç, O.; Çekiç, T.; Manav, Y. ve Deniz, O., 2020) müşterilerin sorunlarını anlamak için bankacılık alanındaki Türkçe konuşma sisteminden yararlanarak geniş çaplı bir niyet tespit (intent detection) yöntemi geliştirilmiştir. Doğal dil işlemedeki (NLP) son gelişmeler sebebiyle, bağlamsal temsil (contextual embedding) sağlayan iki dil modeli mimarisi olan ELMo ve BERT kullanılmıştır. Önceden eğitilmiş Türkçe BERT model kullanırken ELMo'yu Türkçe derlem üzerinde eğitmişlerdir. Kullanılan bu modellerin niyet sınıflandırma görevinde (intent classification task) değerlendirilmesi için, 148 farklı niyette 6453 müşteri mesajı toplanmış ve açıklama eklenmiştir. Yöntemlerin güncel modellerle karşılaştırılması için Kemik News adlı başka bir Türkçe belge sınıflandırma veri seti kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, bağlamsal kelime temsilleri kullanılmasının çeşitli görevlerde Türkçe metin sınıflandırma performansını arttırdığı gözlemlenmiştir. Türkçe karakterlerin İngilizce karşılıklarına dönüştürülmesiyle performansın iyileştirildiği belirtilmiştir.

Dündar ve Alpaydın (E. B. Dündar ve E. Alpaydın, 2019) Word2Vec, Fasttext, ve ELMo yöntemlerini farklı Türkçe derlemler üzerinde karşılaştırmıştır. Anlamsal ve sozdizimsel benzeşimlerde Word2Vec modelinin daha başarılı olduğu saptanmıştır. İsim ve fiil çekim ekleri ile ilgili deneylerde FastText modelinin diğer yöntemlerden daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. ELMo'nun görece başarısızlığının sebebi, öğrenme zamanının uzunluğundan dolayı, küçük bir veri kümesi üzerinde eğitim yapmak zorunda kalınması olarak tahmin edilmiştir.

Kilimci ve Akyokuş (Z. H. Kilimci ve S. Akyokuş,2019) kelime gösterimi için Glove, Word2Vec ve FastText olmak üzere 3 farklı kelime temsil yöntemi kullanmıştır. Sınıflandırma görevi için Recurrent Neural Networks (RNN), Long Short Term Memory Networks (LSTM) and Convolutional Neural Networks (CNN) olmak üzere 3 farklı derin öğrenme mimarisi kullanılmıştır. Farklı Türkçe belge kümeleri üzerinde gerçekleştirilen deneyler neticesinde derin öğrenme algoritmalarının kelime temsil yöntemleriyle birlikte kullanılmasının metin sınıflandırma sistemlerinin performansını arttırdığının gözlemlendiği belirtilmiştir.

## YÖNTEM

### Veri Toplama

Bu aşamada farklı programlama dilleri kullanılarak yazılmış bot ve scriptler incelenerek Sahibinden.com sitesinden nasıl veri toplanacağı araştırılarak veri toplamaya dair bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yapılan araştırmaların ardından Selenium , BeautifulSoup ve Requests modülleri kullanılarak Sahibinden.com sitesinden otomobil/araç bilgileri ve bu otomobil/araç sahiplerinin araçları hakkındaki detaylı bilgilendirme metinlerinin toplanması hedeflenmiştir.

Requests modülü ile seçilen otomobil/araç markasının bulunduğu ilan web sitesi adresi parametre olarak alınmıştır. Siteye erişimde problem yaşamamak için uygun header kullanılmıştır. Sahibinden.com sitesi ilan gösterimini bir sayfada yirmi ilan olacak şekilde en fazla elli sayfa kullanarak yapmaktadır. Bu sebeple bin ilan barındıracak şekilde fiyat değiştirilerek listeleme uygulanmıştır. Popüler olan, fiyatı uygun, fiyat/performans bakımından daha ön planda olan araçların ilan sayıları fazla olduğu için öncelikle Beautiful Soup yardımı ile bu ilanlara ait web sitesi adresleri taranmış ve depolanmıştır. Depolanan web sitesi adres verileri .csv uzantılı dosyalarda saklanmıştır. Selenium kullanılarak depolanan web siteleri araştırılmıştır. Web siteleri içerisinde gezinirken sayfaların kaynak kodları toplanmıştır. Otomobil/Araç bilgileri bulundukları HTML elementleri kullanılarak BeautifulSoup yardımı ile elde edilmiştir. Verileri toplama işlemi başlamadan önce ilgili etiketler (tag) içerisinde bulunan boşluklar temizlenerek veri kullanıma hazır hale getirilmiştir. Ön işlemeden geçirilmiş doküman içerisinde araç bilgileri ve araç sahibinin araç hakkında yapmış olduğu bilgilendirme metinleri toplanmıştır.

### Geleneksel Makine Öğrenmesi ile Araç Hasar Tahmini için Model Oluşturma

Çalışmamızda ilk olarak gözetimsiz/gözetimli öğrenme ve derin öğrenme yaklaşımlarından yararlanarak toplanmış veri üzerinde araç hasarı olup olmadığının tespit edilmesi hedeflenmektedir.

Bu noktada gözetimsiz öğrenme için güncel yaklaşımlardan biri olan Word2Vec'ten yararlanılmıştır. Gözetimli öğrenme için ise otomobiller ile ilgili toplanan tanımlar etiketlenmiştir. Etiketlenen veriden yararlanılarak araçların hasar tespiti konusunda geliştirilen makine öğrenmesi modelleri ile gözetimsiz ve gözetimli öğrenme sonuçları karşılaştırılmıştır.

Ön işleme aşaması tamamlandıktan sonra, Word2Vec modeli ile elde edilen sonuçlar üzerinde K-Ortalama kümeleme algoritması ile çalışmalar yapılarak girilen araç bilgisi üzerinden araçların hasarlı olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar beklenen başarıyı sağlamadığı için, bir metin belgesindeki kelimenin önemini gösteren sayısal bir istatistik olan TF-IDFVectorizer kullanılarak metin verilerimizdeki hasar belirten kelimelerin ağırlıkları hesaplanmaya çalışılmıştır. TF-IDF, bir kelimenin dokümanda bulunan bir kelimenin önemini yansıtır. TF-IDF değeri, belgedeki ilgili kelimenin sıklığı arttıkça artar. Bu doğrultuda TF-IDFVectorizer matrisi kelime sayılarına göre kelimelerin verisetinde ne sıklıkta göründüklerine dair ağırlıklar içerir. TF-IDF ile metinlerde bulunan kelimelerin gösterimi sağlandıktan sonra K-Ortalama kümeleme algoritması yardımı ile bölütleme sayısı iki yapılarak aracın hasarlı (1) veya hasarsız (0) olduğu tahmin edilmiştir. K-Ortalama kümeleme algoritması ile elde edilen sonuçlar neticesinde modelimizin performansı ölçülmüş ve araçların hasar durumu %80'lik bir doğruluk oranı ile tahmin edilmiştir.

Metin madenciliği işleminde kümeleme ile elde edilen başarı belirli bir seviyenin üzerine çıkamadığı için günümüzde popüler olan gözetimli öğrenme yöntemlerinden sınıflandırma algoritmaları kullanılmıştır. Gözetimli öğrenme algoritmaları ile veri setimizi eğitebilmek için her aracın tanım kısmında bulunan aracın hasarlı olup olmadığını belirten kelime grupları ve bu kelime gruplarından yola çıkılarak aracın hasarlı olup olmadığına dair ikili değerler (0 veya 1) veri setine farklı 2 kolon şeklinde elle girilmiştir. Elle girilen etiketleme şablonumuzda, tanım olarak çektiğimiz araç bilgisi “Araçta 3 parça değişen vardır araç içi dışı çok temizdir. 4bin hasar kaydı vardır. Etek altı boyalı Ciddi alıcılar arasın al sat yapanlara galericiye araç satılık değildir.” olan bir araç için hasarlı mı etiket kolonuna araç bilgisinin içeriğinden dolayı ‘1’ etiketi ve hasarı belirten kelime grubu kolonuna ise ‘parça\_değişen\_vardır, hasar\_kaydı\_vardır’ etiketi eklenmiştir. Benzeri etiketleme işleme veri setindeki tüm araç tanımları için yapılmıştır.

Gözetimli öğrenme tabanlı çalışma kapsamında, K En Yakın Komşu (KNN), Karar Ağacı (Decision Tree), Rastgele Orman (Random Forest), Lojistik Regresyon Sınıflandırıcı (Logistic Regression Classifier), Olasılıksal Dereceli Azalma (SGD Classifier), Naive Bayes Sınıflandırıcısı, Destek Vektör Makinesi (Doğrusal) (SVM Linear) olmak üzere yedi tane sınıflandırma algoritması kullanılarak en iyi model oluşturulmaya çalış-

şılmıştır. Yapılan çalışmalarımızın sonuçları Değerlendirme bölümünde detaylı şekilde anlatılmıştır.

### **Derin Öğrenme ile Araç Hasar Tahmini için Model Oluşturma**

Yapılan çalışmaların ardından metin madenciliği işleminde makine öğrenmesi modelleri ile belirli bir başarı seviyesine ulaşılmış fakat anlamsal açıdan bu başarı eksik ve yetersiz görülmüştür. Günümüzde popüler olan derin öğrenme yöntemleriyle anlamsal açıdan da başarıya ulaşılacağı için Word2Vec (Tomas Mikolov, Kai Chen, Greg Corrado ve Jeffrey Dean, 2013) ve ELMo (Matthew E. Peters, Mark Neumann, Mohit Iyyer, Matt Gardner, Christopher Clark, Kenton Lee ve Luke Zettlemoyer, 2018) gibi derin öğrenme yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler yardımı ile çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Ç. İ. Acı ve A. Çırak, 2019; E. B. Dündar ve E. Alpaydın, 2019).

Word2Vec modeli, bu çalışmada önce bir korpus oluşturup ardından ise modele gönderilen cümleden aracın hasar durumu için anlam çıkarımı yapmak amacıyla kullanılmıştır. Word2Vec, kelime yakınlıklarının bulunması açısından başarılı olmasına rağmen çalışma alanımıza dair bağlamsal çıkarımlar elde edilmesinde beklediğimiz anlamsal başarı seviyesinin altında kalmıştır. Bu yüzden popüler doğal dil işleme yöntemlerinden olan ELMo modeli bu çalışmada anlamsal başarıyı arttırabilmek için kullanılan bir diğer derin öğrenme modeli olarak ele alınmıştır. ELMo modelinin anlamsal açıdan başarı seviyesini arttırmasının sebebi ise diğer modellerin aksine kelimeleri çift yönlü olarak vektör uzayına yansıtarak çalışmasıdır. Herhangi bir kelime veya kelime grubu birden çok anlama sahip olabilir. ELMo modeli ile farklı anlamlara gelebilecek kelime veya kelime gruplarının vektörel değerleri hesaplanarak metin içerisindeki anlamsal bütünlük kolaylıkla incelenebilir.

Çalışmamız esnasında daha önceden makine öğrenmesi modelleri için hazırladığımız etiketli veriler kullanılmıştır. Yapılan doğal dil işleme çalışmaları Türkçe kaynaklar üzerinde henüz istenen seviyeye ulaşamadığı ve yapılan çalışma için uygun Türkçe korpus bulunamadığından dolayı çalışmada kullanılan veri seti üzerinden korpus oluşturulmuştur. Oluşturulan korpus yardımı ile anlamsal başarı seviyesi %83 oranına kadar yükseltilmiştir. Başarı seviyesinin bu oranda kalmasının sebebi ise kullanılan veri setinin sınırlı olmasıdır.

### **Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Araç Fiyat Tahmini**

Çalışmamızın devamında makine öğrenmesi algoritmaları ile gözetimli öğrenme gerçekleştirilerek araç fiyat tahmin modeli oluşturulması hedeflenmiştir. Araç hasar tahmini için geliştirilen ve en başarılı sonucun

elde edildiği, derin öğrenme tabanlı ELMo modelinin çıktıları yeni bir öznitelik kolonu olarak veri setine eklenmiştir.

Fiyat tahmin modeli geliştirebilmek için seçilecek öznitelikler karmaşıklık matrisine bakılarak belirlenmiştir. İncelemelerin sonucunda aracın fiyatını, marka, model, yıl, km ve hasar oranı öznitelikleri doğrudan etkilediği gözlemlenmiştir.

Veri setinde bulunan ve aracın fiyatını doğrudan etkileyen (marka, model, yıl, km, hasar oranı) gibi öznitelikler kullanılarak %25'lik test ve %75'lik eğitim veri seti oluşturulmuştur. Ardından Rastgele Orman ve Destek Vektör Makinesi algoritmaları ile fiyat tahmin modeli geliştirilmiştir.

## DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışmalar için gerekli olan veri seti ön işleme aşamasında tekrarlanan verileri kaldırma, eksik verileri tamamlama, dönüştürme, bütünleştirme, temizleme, normalleştirme ve düzeltme işlemleri yapıp öğrenme modellerinde kullanılmak üzere veri hazır hale getirilmiştir. Ön işlemeye tabi tutulan verinin Word2Vec ve TF-IDF ile gösterimi sağlanarak kullanılmıştır.

Word2Vec yöntemi ile veri setinde bulunan kelimelerin birbirleri arasındaki vektörel uzaklıklar hesaplanarak kelimeler arasındaki ilişkiler vektör matrisine aktarılmıştır. TF-IDF yöntemi ile veri setinde bulunan terimlerin ağırlıkları hesaplanarak bir vektör matrisi elde edilmiştir. Vektörizasyon işlemi One Hot Encoding'e benzer şekilde gerçekleşir. Farklı olarak sözel ifadeye karşılık gelen değere 1 yerine TF-IDF değeri atanır.

Yapılan vektörizasyon işleminin ardından elde edilen vektör matrisleri gözetimsiz öğrenme algoritması olan K-Ortalama algoritması içerisinde bölüt sayısı iki seçilerek işlenmiş ve ikili sınıflandırma yapılmıştır. Kullanılan K-Ortalama algoritması veriler arasındaki mesafeden yola çıkarak verilerin hangi sınıfta olacağına karar veren bir algoritmadır. Yapılan gözetimsiz öğrenme çalışması sonucunda %80 oranında başarı elde edilmiştir. K-Ortalama algoritması ile elde edilen başarı oranının %80 seviyelerinde kalmasının en önemli sebebi, elde edilen verilerde kullanılan dilin doğru kullanılmamasından kaynaklıdır. Veri setinde kullanılan dil yapısı farklılıkları; verilerin farklı kişiler tarafından yazılmış olması ve Türkçe dil bilgisi kurallarının doğru kullanılmamasından kaynaklanmaktadır.

Etiketlenen veriler üzerinde yapılan çalışmalar karşılaştırmalı incelendiğinde veri setimiz için en başarılı sonuçların Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine) algoritması ile elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu algoritmanın doğruluk oranı %92.0 olarak elde edilmiştir.

Gözetimli öğrenme algoritmaları ile veri setimizi eğitebilmek amacıyla etiketleme işlemi yapılmıştır. Aracın hasarlı, hasarsız olduğunu belirten kelime ve kelime grupları (tramer\_kaydı\_vardır, tramer\_kaydı\_yoktur vb.) etiketlenerek araçların öznelikleri olarak kullanılmıştır. Araçlara ikili sınıflandırma yapılarak araç hasarlı ise 1 araç hasarlı değil ise 0 değerleri verilmiştir.

Tablo 1’de görüldüğü üzere küçük veri setlerinde hızlı ve başarılı çalışması ile bilinen K En Yakın Komşu algoritması veri setimizde bulunan gürültü dolayısı ile istenilen başarıya ulaşamamıştır.

K En Yakın Komşu Doğruluğu: %82

*Tablo 1. K En Yakın Komşu*

|                | <b>Kesinlik</b> | <b>Duyarlılık</b> | <b>F1-Puanı</b> |
|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 0.0            | 0.59            | 0.70              | 0.64            |
| 1.0            | 0.90            | 0.86              | 0.88            |
| Makro Ort.     | 0.75            | 0.78              | 0.76            |
| Ağırlıklı Ort. | 0.83            | 0.82              | 0.82            |

Tablo 2’den anlaşılabacağı gibi karar Ağacı algoritması veri setini küçük parçalara bölerek dallanma oluşturur ve bu sayede öğrenme gerçekleşir. Büyük veri seti üzerinde başarılı sonuçlar elde ederken küçük veri seti üzerinde ise aşırı öğrenme yaşanır ve başarı oranı beklenenin altında kalır. Sahip olduğumuz veri seti yetersiz ve dengesiz olduğundan dolayı %89 başarı oranı elde edilmiştir.

Karar Ağacı Doğruluğu: %89

*Tablo 2. Karar Ağacı*

|                | <b>Kesinlik</b> | <b>Duyarlılık</b> | <b>F1-Puanı</b> |
|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 0.0            | 0.80            | 0.70              | 0.74            |
| 1.0            | 0.91            | 0.95              | 0.93            |
| Makro Ort.     | 0.86            | 0.82              | 0.84            |
| Ağırlıklı Ort. | 0.89            | 0.89              | 0.89            |

Tablo 3’ten görülen Rastgele Orman algoritması ise karar ağaçları ile elde edilen başarı oranlarını karşılaştırarak en başarılı sonuçları ele alır ve bu sayede aşırı öğrenmenin önüne geçer. Beklenenin aksine veri setimiz üzerindeki başarı oranımız Karar Ağacı algoritmamız ile aynı seviyede kalmıştır.

Rastgele Orman Doğruluğu: %89

**Tablo 3. Rastgele Orman**

|                | <b>Kesinlik</b> | <b>Duyarlılık</b> | <b>F1-Puanı</b> |
|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 0.0            | 0.83            | 0.65              | 0.73            |
| 1.0            | 0.90            | 0.96              | 0.93            |
| Makro Ort.     | 0.87            | 0.81              | 0.83            |
| Ağırlıklı Ort. | 0.89            | 0.89              | 0.89            |

Tablo 4'ten görülen lojistik regresyon, ikili sınıflandırma amacı ile kullanılan popüler yöntemlerden biridir. Çalışmamızda %83 başarı oranı ile veri setimiz üzerinde başarılı çalışan algoritmalarından birisi olmuştur.

Lojistik Regresyon Doğruluğu: %83

**Tablo 4. Lojistik Regresyon**

|                | <b>Kesinlik</b> | <b>Duyarlılık</b> | <b>F1-Puanı</b> |
|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 0.0            | 1.0             | 0.26              | 0.41            |
| 1.0            | 0.84            | 1.0               | 0.92            |
| Makro Ort.     | 0.91            | 0.63              | 0.66            |
| Ağırlıklı Ort. | 0.86            | 0.83              | 0.79            |

Tablo 5'ten belirtilen Olasılıksal Dereceli Azalma (SGD) algoritması metin sınıflandırmasında ve doğal dil işlemede sıklıkla karşılaşılan büyük ölçekli ve seyreltilmiş makine öğrenmesi problemlerine başarıyla uygulanmıştır. Veri setimiz üzerinde %90 başarı elde ederek en başarılı ikinci algoritma olmuştur.

Olasılıksal Dereceli Azalma (SGD) Doğruluğu: %90

**Tablo 5. Olasılıksal Dereceli Azalma (SGD) Sınıflandırıcısı**

|                | <b>Kesinlik</b> | <b>Duyarlılık</b> | <b>F1-Puanı</b> |
|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 0.0            | 0.84            | 0.70              | 0.76            |
| 1.0            | 0.91            | 0.96              | 0.94            |
| Makro Ort.     | 0.88            | 0.83              | 0.85            |
| Ağırlıklı Ort. | 0.90            | 0.90              | 0.90            |

Tablo 6'da belirtilen Naive Bayes Sınıflandırıcı algoritmanın çalışma şekli bir eleman için her durumun olasılığını hesaplar ve olasılık değeri en yüksek olana göre sınıflandırır. Genel olarak küçük bir eğitim verisiyle çok başarılı işler çıkartmasına rağmen bizim çalışmamız için diğer sınıflandırma algoritmalarının başarı oranı olarak gerisinde kalmıştır.

Naive Bayes Doğruluğu: %85

**Tablo 6.** *Naive Bayes*

|                | <b>Kesinlik</b> | <b>Duyarlılık</b> | <b>F1-Puanı</b> |
|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 0.0            | 1.00            | 0.35              | 0.52            |
| 1.0            | 0.84            | 1.00              | 0.91            |
| Makro Ort.     | 0.92            | 0.67              | 0.71            |
| Ağırlıklı Ort. | 0.87            | 0.85              | 0.82            |

Tablo 7’de görüldüğü üzere Destek Vektör Makinesi (SVM) algoritmasının yüksek başarı oranına sahip olmasının sebebi küçük ve orta ölçekli veri setlerinde yüksek verimlilikte çalışmasıdır. Destek Vektör Makinesi (SVM)’nin çalışmamız için en yüksek doğruluk oranını elde ettiği görülmüştür.

Destek Vektör Makinesi (SVM) Doğruluğu: %92

**Tablo 7.** *Destek Vektör Makinesi (SVM)*

|                | <b>Kesinlik</b> | <b>Duyarlılık</b> | <b>F1-Puanı</b> |
|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 0.0            | 1.00            | 0.65              | 0.79            |
| 1.0            | 0.91            | 1.00              | 0.95            |
| Makro Ort.     | 0.95            | 0.83              | 0.87            |
| Ağırlıklı Ort. | 0.93            | 0.92              | 0.91            |

Tablo 8’de eğitilen modellerin başarı oranları sırasıyla belirtilmiştir. Veri setimiz üzerinde eğitilen modeller içerisinde 0.92 doğruluk oranı ile Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine) algoritması ile en başarılı sonuca ulaşılmıştır.

**Tablo 8.** *Eğitilen Modellerin Başarı Oranları*

|   | <b>Model</b>                | <b>Doğruluk</b> |
|---|-----------------------------|-----------------|
| 1 | K-En Yakın Komşu            | 0.82            |
| 2 | Karar Ağacı                 | 0.89            |
| 3 | Rastgele Orman              | 0.89            |
| 4 | Lojistik Regresyon          | 0.83            |
| 5 | Olasılıksal Dereceli Azalma | 0.90            |
| 6 | Naive Bayes                 | 0.85            |
| 7 | Destek Vektör Makinesi      | 0.92            |

Şu ana kadar tablolar ile gösterilen algoritmalar doğal dil işlemede anlamsal bütünlüğü kontrol etmediğinden dolayı ELMo ve Word2Vec derin öğrenme modelleri ile çalışmaya devam edilmiştir. Word2Vec modeli ile yapılan çalışmada %69 doğruluk oranında başarı sağlanmıştır.



**Tablo 9. Word2Vec**

|                | <b>Kesinlik</b> | <b>Duyarlılık</b> | <b>F1-Puanı</b> |
|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 0.0            | 0.54            | 0.39              | 0.45            |
| 1.0            | 0.73            | 0.90              | 0.81            |
| Makro Ort.     | 0.66            | 0.52              | 0.55            |
| Ağırlıklı Ort. | 0.67            | 0.69              | 0.66            |

Bağılamsal çözümleme açısından daha başarılı olan ELMo modeli ile çalışmamız kapsamında %83.2 doğruluk oranında başarı elde edilmiştir.

**Tablo 10. ELMo**

|                | <b>Kesinlik</b> | <b>Duyarlılık</b> | <b>F1-Puanı</b> |
|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 0.0            | 0.50            | 0.07              | 0.12            |
| 1.0            | 0.84            | 0.99              | 0.91            |
| Makro Ort.     | 0.67            | 0.53              | 0.51            |
| Ağırlıklı Ort. | 0.78            | 0.83              | 0.78            |

Araç hasar tahmini sürecinden sonra hasar bilgisi de gözönüne alınarak oluşturulan araç fiyat tahmin modellerinin R-kare skorları incelenmiştir. R-kare skorunun 1'e yakınlığı modelin doğruluğuna dair bir korelasyon metriği olarak kullanılmaktadır. R-kare, hedef değişkenin varyasyonunun ne kadarının modelimiz tarafından açıklandığını ölçer. Rastgele Orman algoritmasının denemeler neticesinde 0.9 olarak en yüksek R-kare skoruna sahip olduğu Tablo 11'de gözlemlenmektedir.

**Tablo 11. Araç Fiyat Tahmini Modelleri Başarı Oranları**

|   | <b>Model</b>           | <b>R-Kare Puanı</b> |
|---|------------------------|---------------------|
| 1 | Rastgele Orman         | 0.90                |
| 2 | Destek Vektör Makinesi | 0.81                |

Çalışmada özellikle araç hasar tahmini ile ilgili başarı oranının belirli seviyenin üzerine çıkamamasının sebepleri olarak veri setinin tutarsızlığı, hasarlı/hasarsız olarak ifade edilebilecek araç sayısının veri setinde dengesiz miktarda bulunması ve etiketlenmiş veri sayısının yetersiz olması görülmektedir. Veri setindeki tutarsızlık, Sahibinden.com'dan alınan verilerde kullanıcıların araçları hakkında açıklamalar yaptığı "Açıklama" bölümündeki Türkçe dilbilgisi kurallarının yanlış, düzensiz ve eksik kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Yapılan çalışma araç fiyat tahmini için bir öncül çalışma niteliği taşımaktadır. Hasar oranı özneliğinin elde edilmesiyle birlikte yapılan fiyat tahmin modellemesinin sonuçlarının veri setinde bulunan araç fiyatları ile yüksek oranda tutarlı olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan gözetimli öğrenme

çalışmalarında rastgele orman modelinin en iyi performansı gösterdiği görülmüştür. Bir sonraki aşamada, performansın ileri seviyelere taşınabilmesi için kullanılan veri seti üzerindeki dengesiz veri dağılımını önlemek üzerinde durulacaktır.

## KAYNAKLAR

- Çelik, Ö., Koç, B.C. (2021). TF-IDF, Word2vec ve Fasttext Vektör Model Yöntemleri ile Türkçe Haber Metinlerinin Sınıflandırılması. DEUFMD, 23(67), 121-127.
- Ç. İ. Acı, A. Çırak., “Türkçe Haber Metinlerinin Konvolüsyonel Sinir Ağları ve Word2Vec Kullanılarak Sınıflandırılması”, Bilişim Teknolojileri Dergisi, 12(3), 219-228, Temmuz 2019.
- Dündar, E.; Kılıç, O.; Çekiç, T.; Manav, Y. and Deniz, O. (2020). Large Scale Intent Detection in Turkish Short Sentences with Contextual Word Embeddings. In Proceedings of the 12th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management - Volume 1: KDIR, ISBN 978-989-758-474-9, pages 187-192. DOI: 10.5220/0010108301870192
- E. B. Dündar ve E. Alpaydın, "Learning Word Representations with Deep Neural Networks for Turkish," 2019 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIU.2019.8806491.
- Gegic, E., Isakovic, B., Keco, D., Masetic, Z., & Kevric, J. (2019). Car price prediction using machine learning techniques. TEM Journal, 8(1), 113.
- Gongqi, S., Yansong, W., & Qiang, Z. (2011, January). New model for residual value prediction of the used car based on BP neural network and nonlinear curve fit. In 2011 Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (Vol. 2, pp. 682-685). IEEE.
- Idris, N. O., Achban, A., Utiarahman, S. A., Karim, J., & Pontoioyo, F. (2020, November). Predicting the selling price of cars using business intelligence with the feed-forward backpropagation algorithms. In 2020 Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC) (pp. 1-6). IEEE.
- Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems, Second Edition, 2019.
- Ikonomakis, Emmanouil & Kotsiantis, Sotiris & Tampakas, V.. (2005). Text Classification Using Machine Learning Techniques. WSEAS transactions on computers. 4. 966-974.
- Indicata (2021, Aralık). Türkiye Otomotiv Sektörü 2. El Online Pazar Trend Raporu. Erişim Adresi: [https://www.indicata.com.tr/download/Aralik2021\\_Turkiye\\_Otomotiv\\_2el\\_Online\\_Pazar\\_Trend\\_Raporu.pdf](https://www.indicata.com.tr/download/Aralik2021_Turkiye_Otomotiv_2el_Online_Pazar_Trend_Raporu.pdf). (Erişim Tarihi: 04.02.2022).
- Internet: S. Yıldırım (2020). Predicting Used Car Prices with Machine Learning. 28 Ocak 2020.
- Erişim Tarihi 15 Aralık 2022, <https://towardsdatascience.com/predicting-used-car-prices-with-machine-learning-fea53811b1ab>

- Internet: ALT (2019), Used Car Price Analysis From Web Scrape Cars.com. 12 Aralık 2019. Erişim
- Tarihi 15 Aralık 2022, <https://medium.com/@ating5666/used-car-price-analysis-from-web-scrape-cars-com-26a5b2dc78e3>
- J. Lilleberg, Y. Zhu and Y. Zhang, "Support vector machines and Word2vec for text classification with semantic features," 2015 IEEE 14th International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI\*CC), 2015, pp. 136-140, doi: 10.1109/ICCI-CC.2015.7259377.
- M. Işık, Müşteri yorumları üzerinde metin analitiği çalışmaları ve yorumların makine öğrenmesi algoritmaları ile modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2019.
- Matthew E. Peters, Mark Neumann, Mohit Iyyer, Matt Gardner, Christopher Clark, Kenton Lee, Luke Zettlemoyer, "Deep Contextualized Word Representation", arXiv:1802.05365v2 [cs.CL] 22 Mar 2018.
- Monburinon, N., Chertchom, P., Kaewkiriya, T., Rungpheung, S., Buya, S., & Boonpou, P. (2018, Mayıs). Prediction of prices for used car by using regression models. In 2018 5th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR) (pp. 115-119). IEEE.
- Noor, K., & Jan, S. (2017). Vehicle price prediction system using machine learning techniques. International Journal of Computer Applications, 167(9), 27-31.
- Pudaruth, S. (2014). Predicting the price of used cars using machine learning techniques. Int. J. Inf. Comput. Technol, 4(7), 753-764.
- Tomas Mikolov, Kai Chen, Greg Corrado, Jeffrey Dean, "Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space", arXiv:1301.3781v3 [cs.CL] 7 Sep 2013.
- Van Thai, D., Son, L. N., Tien, P. V., Anh, N. N., & Anh, N. T. N. (2019, October). Prediction car prices using quantify qualitative data and knowledge-based system. In 2019 11th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE) (pp. 1-5). IEEE.
- Wu, J. D., Hsu, C. C., & Chen, H. C. (2009). An expert system of price forecasting for used cars using adaptive neuro-fuzzy inference. Expert Systems with Applications, 36(4), 7809-7817.

“

## **Bölüm 3**

### **NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI GERÇEK ZAMANLI HAVA İZLEME SİSTEMİ**

*Hakan YÜKSEL<sup>1</sup>*

”

---

<sup>1</sup> Hakan YÜKSEL Bilgisayar Teknolojileri, teknik bilimler Meslek  
Yüksekokulu, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

ORCID: 0000-0003-2186-533X hakanyuksel@isparta.edu.tr

## 1. Giriş

Günümüzde, internet üzerinden sistemlerle ve diğer cihazlarla veri paylaşımı ve bağlantısının algılayıcılar, yazılımlar ve diğer teknolojilerle gömülü olan ağı yapısı Nesnelerin interneti (IoT) olarak ifade edilmektedir. Burada belirtilen cihazlar evlerde kullanılan cihazlardan endüstriyel ortamlarda tercih edilen cihazlara kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. IoT, son yüzyılın en önemli gelişmelerinden biri haline gelmiştir (Sethi ve Sarangi, 2017; Navani vd., 2017). IoT ile birlikte gömülü sistemler aracılığıyla kullandığımız nesneleri internete bağlayabileceğimizden insanlar ve cihazlar arasındaki iletişimi bir üst düzeye taşıyacaktır. Bu fiziksel nesneler, büyük veri, bulut ve mobil teknolojiler vasıtasıyla verileri otonom bir şekilde toplayabilmekte ve paylaşabilmektedir (Khan vd., 2012; Ray, 2017; Naem vd., 2019).

IoT' nin bu kadar ön plana çıkmasını sağlayan ise son yıllardaki teknolojik değişimler. Teknolojideki;

- Düşük maliyetli, düşük güçlü sensör teknolojisine erişim.
- Bağlanabilirlik.
- Bulut bilişim platformları.
- Makine öğrenimi ve analitik.
- Etkileşim yapay zekası (AI), değişimleri IoT' nin her geçen gün yaygınlaşmasını arttırmaktadır.

Çevremizdeki yabancı maddelerin, ekolojik dengenin bozulmasına ya da canlı yaşamına zarar verebilecek boyutuna ulaşması hava kirliliği olarak ifade edilmektedir. Hava kirliliği, canlı yaşamını önemli ölçüde etkilemekte de ve sürekli maruz kalındığında ise ciddi hastalıklara yol açmaktadır (Venkatanarayanan vd., 2019). [4].

Bu sebeple çevremizde oluşan kötü hava kalitesinin insan sağlığına bir risk oluşturduğu söylenmektedir. Kötü hava kalitesi sahip çevrelerde kısa süreçte yorgunluk, baş ağrısı ve mide bulantısı oluşurken uzun süreçte ise kalp rahatsızlıkları basta olmak üzere kronik rahatsızlıklar ve ciddi sağlık problemlerine yol açabilir. Hava izleme sistemleri üzerine yapılan araştırmalar ve değerlendirmeler sürekli artmaktadır. Bu araştırmalardaki en çarpıcı sonuçlardan bir tanesinin ise çocuklar ve yaşlıların sağlık problemleri hususunda en fazla etkilenen canlılar olduğu yönündedir (Bakó-Biró vd., 2012; Chatzidiakou vd., 2012).

Hava kirliliği, dış ortam hava kirliliği ve iç ortam hava kirliliği olarak iki gruba ayrılmaktadır. Dış ortam hava kirliliği tüm çevreyi ve genellikle açık bir ortama yönelik kirliliği ifade etmektedir. İç ortam hava kirliliği kapalı ortamlardaki kirliliği ifade etmektedir. Genel itibariyle dış ortam

hava kalitesinin insan sağlığı üzerindeki etkisinin daha yüksek olduğunu düşünülmektedir. Ancak Çevre Koruma Ajansı (EPA, US Environmental Protection Agency) iç ortamın dış ortam hava kirliliğine oranla daha tehlikeli olduğunu ifade etmektedir (Abraham ve Li, 2014).

Çevre Koruma Ajansı ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO – World Health Organization) hava kalitesinin izlenmesi ve atmosferik ortam kirliliğini tespit edebilmek amacıyla hava kalitesinin ölçülmesindeki standartları ve bu standartlarda yer alan gazların eşik değeri Tablo 1’de gösterilmiştir (WHO, 2010; Mintz, 2012). Standartlar; hava kalitesi fonksiyonları, kirlilik oranları, gazların eşik değerleri ve veri istatistiklerine göre belirlenmiştir. Bu değerler ülkeler arasından değişiklik gösterse de eşik değerler birçok ülke için benzerdir.

**Tablo 1.** WHO ve EPA tarafından belirlen iç ortam hava kalite parametreleri

| Parametre       | EPA          | WHO          |
|-----------------|--------------|--------------|
| CO              | 9 ppm        | 9 ppm        |
| CO <sub>2</sub> | 1000 ppm     | 1000 ppm     |
| O <sub>3</sub>  | 0.05 ppm     | 0.05 ppm     |
| SO <sub>2</sub> | 70 ppm       | 70 ppm       |
| Sıcaklık        | 22.5-25.5 oC | 22.5-25.5 oC |
| Nem             | <70          | <70          |

Literatür incelendiğinde ise genellikle ASHRAE (Amerikan Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Topluluğu/American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers) ve EPA standartlarının hava kalitesinin belirlenmesinde ölçüt alınan standartlar olduğu görülmektedir (ASHRAE-62, 2016). Bu çalışmalarda CO<sub>2</sub>’nin hava kalitesinin belirlenmesinde belirgin bir ölçüt olduğu saptanmıştır. CO<sub>2</sub>’nin 1000 ppm ile 2500 ppm arasında hava kalitesinin belirlenmesinde karar verme performansının azaldığı ifade edilmiştir (Chatzidiakou vd., 2012; ASHRAE-62, 2016; Ekren vd., 2017). CO<sub>2</sub>’nin ASHRAE tarafından sınıflandırıldığı değerler Tablo 2’de gösterilmektedir.

**Tablo 2.** Kapalı ortamlar için ASHRAE’nin CO<sub>2</sub> sınıflanması

| CO <sub>2</sub> | Hava Kalitesi | Durum                                                  |
|-----------------|---------------|--------------------------------------------------------|
| 400-600         | Mükemmel      | Temiz                                                  |
| 700-800         | İyi           | Normal                                                 |
| 900-1000        | Makul         | Kabul edilebilir                                       |
| 1100-1500       | Vasat         | Kirli ortam, havalandırma gerek                        |
| 1600 ve üstü    | Kötü          | Aşırı kirli ortam, havalandırma gerek, negatif etkiler |

İç ortam hava kalitesinin insan sağlığının yanı sıra konforunun ve rahatlığının performansını etkilemesi bu değerlerin sürekli ölçülmesi gerekliliği ortaya koymaktadır. Dolayısıyla hava kalitesinin ölçülmesi ve kontrol edilmesiyle hava izleme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, hava kalitesinin ölçülmesinde meydana gelen değişimleri takip etmek ve değerlendirebilmek adına nesnelerin interneti teknolojisine dayalı bir sistem sunulmuştur. Sistem içerisinde algılayıcılardan alınan değerlerin kontrol kartı vasıtasıyla bulut sisteme yönlendirilmiştir. Sistemin gerek web servisleri aracılığıyla web sayfasında gerekse de bulut sistemi üzerinden gerçek zamanlı olarak grafik olarak takip edilmesi sağlamaktadır.

## 2. Literatür Taraması

Gerçek zamanlı hava takip sistemleri, sadece hava kalitesine ait veriler sunmanın yanında mevcut havanın iyileştirilmesi kapsamında doğru uygulamaların tercih edilmesini sağlayan sistemler olarak bilinmektedir. Ortamdaki hava kalitesinin pozitif veya negatif değerler elde edebilmesi için bu sistemlerin gerçek zamanlı çalışmasına gereksinim duyulmaktadır. Bu sistemleri incelendiğinde farklı algılayıcılar kullanılarak ve farklı yöntemler uygulanarak uygun çıktılar alındığı gözlenmektedir.

Asıl amacı mevcut ortamın hava kalitesi hakkında bilgi vermek olan kapalı ortam hava kalite izleme sistemleri temelinde ortamdaki temiz havanın artırılması için doğru yöntemlerin tespit edilmesinde de destek sunabilecek sistemler olarak geliştirilmektedir. Mevcut hava değişimlerin çok hızlı olduğu düşünülürse sistemin senkron bir şekilde çalışması her zaman için pozitif bir avantaj olarak görülmektedir. Özellikle kapalı ortam hava kalitesi izleme sistemleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde farklı algılayıcıları ve farklı ağ teknolojilerinin kullanılmasıyla ortam havası ölçüldüğü görülmüştür. Elde edilen verilerle, istatistiksel metotlar ve veri işleme algoritmaları kullanılarak birçok farklı yöntem önerilmiştir.

Bu sistemlerde ortaya çıkan en önemli hususlardan bir tanesi ise konfor faktörüdür. Standart bir konfor seviyesinin sağlanabilmesi için termal, akustik, görsel ve ortam hava konforunun makul değerler seviyesinde olması bir gereksinim olarak ortaya çıkmaktadır (Rawi ve Al-Anbuky, 2013; Martínez vd., 2015).

Hava kalitesinin ölçülmesinde, belirli zaman dilimi içerisinde gerçekleşen meteorolojik olayları öznel ya da nesnel yöntemler kullanarak tespit edilmektedir. Bu süreçte gözlem, analiz ve tahmin süreçleri devreye girmektedir. Hava durumunun tahmini için daha detaylı meteorolojik verilere gereksinim duyulmaktadır. Var olan sistemlerin maliyetleri düşünüldüğünde ise hava tahmin sistemlerinin yaygınlaşması çok mümkün olmamaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için düşük maliyetli ve gerçek zamanlı mini hava istasyon sistemleri gerçekleştirilmiştir. Hava izleme istasyonlarında genellikle sıcaklık başta olmak üzere nem, rüzgâr yönü ve atmosfer basıncı gibi değerlerin değişikliklerini takibini sağlayabilmek için farklı algılayıcılar kullanılmaktadır. Bu algılayıcılar ise genellikle bir mikro denetleyici kartıyla kontrolü sağlanarak mevcut maliyetlerin azalması sağlanabilmektedir (Devaraju vd., 2015).



Yapılan çalışmalar incelendiğinde hava kalitesinin takibi için birçok çalışmasının yer aldığı görülmektedir. Tablo 3’ te bu çalışmaların bir özeti niteliğinde karşılaştırmalı özetleri sunulmuştur. Son yıllarda yapılan bu çalışmalar incelendiğinde; kullanılan ağ protokolü, algılayıcılar, mimari-si, işlemci tipleri, maliyet durumları ve veri erişimleri kapsamında çeşitli parametrelerce değerlendirilmiştir. Çalışmaların geneli değerlendirildiğinde ölçülen parametrelerin sıcaklık veya gaz çeşitlerinin alternatiflerinin değiştiği gözlenmektedir. Algılayıcı sayısı ve tipinin yanı sıra ortamın fiziksel yapısına göre tercih edilen ağ altyapısı ve dolayısıyla kullanılan protokolün değiştiği ve bu durumun maliyet hesaplamalarına etki ettiği gözlenmiştir. Ölçümlerin bir kısmı gerçek zamanlı elde edilirken bir kısmı ve istatistiksel modelleme ve benzetim teknikleri aracılığıyla elde edilmiştir. Bazı sistemlerde özellikle veri işleme yöntemleri tercih edilerek algılayıcılardan elde edilen verilerin tahmini, verilerin iyileştirilmesi sağlanmıştır. Gelişen teknolojiler dikkate alındığında ise özellikle hava kalitesinin tespiti çalışmalarında yapılan son yıllardaki uygulamalarda nesnelerin internet kavramına uygun çalışmaların arttığı gözlenmiştir.

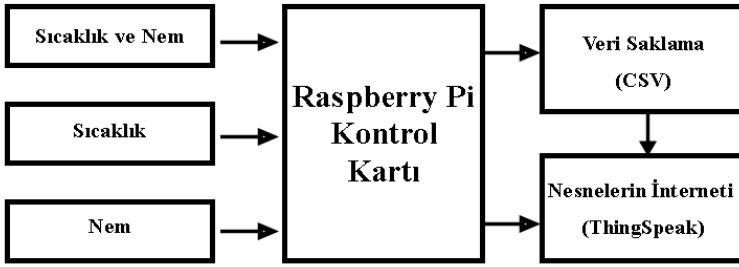
**Tablo 3.** Hava İzleme Sistemlerinin Literatürdeki karşılaştırmalı analizi

| Kaynak                   | Algılayıcı                                                                                 | Bağlantı                    | Mimari   | Ekonomi | Erişim         |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------|---------|----------------|
| Postolache vd., 2009     | Sıcaklık, Metan, Karbondioksit                                                             | Wi-Fi                       | WLAN     | Orta    | Gerçek Zaman   |
| Jiang vd., 2011          | Gaz sensörü                                                                                | Bluetooth, Wi-Fi            | WLAN     | Orta    | Mobil          |
| Xiang vd., 2013          | Gaz, sıcaklık,                                                                             | -                           | Hibrit   | Yüksek  | Gerçek Zamanlı |
| Rawi ve Al-Anbuky, 2013  | Sıcaklık, ışık, ses, gaz,                                                                  | Wi-Fi                       | WSN      | Düşük   | Simülasyon     |
| Assimakopoulos vd., 2013 | Sıcaklık, gaz, hava kalitesi                                                               | Metro                       | Metro    | Orta    | Gerçek Zamanlı |
| Kim vd., 2014            | Gaz,Sıcaklık, Hava kalitesi                                                                | Zigbee                      | WSN      | Yüksek  | Gerçek Zaman   |
| Saad vd., 2015           | Gaz, sıcaklık                                                                              | 802.15.4 kablosuz protokolü | WSN      | Yüksek  | Gerçek Zaman   |
| Devaraju vd., 2015       | Sıcaklık, Bağlı nem, Atmosferik Basınç, Yağış, Güneş Radyasyonu, Rüzgâr Hızı, Rüzgâr Yönü, | XBee / Max232, Max485       | Kablosuz | Yüksek  | PC/Laptop      |

|                             |                                                                                      |                             |           |        |                       |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|--------|-----------------------|
| Martinez vd., 2015          | Hava akışı, sıcaklık, gaz                                                            | Manuel                      | Manuel    | Yüksek | Gerçek Zamanlı        |
| Spachos ve Hatzinakos, 2016 | Gaz                                                                                  | 802.15.4 kablosuz protokolü | WSN AdHoc | Düşük  | Gerçek Zaman          |
| Shaban vd., 2016            | Hava akışı, gaz, sıcaklık, nem                                                       | GPRS, TCP/IP                | WSN       | Orta   | Modelleme             |
| Ram ve Gupta, 2016          | Sıcaklık, Nem, Işık, CO2                                                             | Wi-Fi                       | WSN       | Yüksek | Thingspeak Server     |
| Katyal ve ark., 2016        | Sıcaklık ve Nem, Yağmur, Toprak Nemi, Basınç, LDR                                    | Wi-Fi                       | IoT       | Orta   | Thingspeak Server     |
| Ekren vd., 2017             | Hava akışı, gaz, sıcaklık                                                            | Manule                      | Manuel    | Yüksek | Simülasyon            |
| Li ve ark., 2017            | Sıcaklık, Nem, Işık, Rüzgâr Hızı, Rüzgâr Yönü,                                       | GPRS                        | Wireless  | Orta   | Kullanıcı Arayüzü     |
| Baste ve Dighe, 2017        | Sıcaklık ve Nem, Basınç, Rüzgâr Hızı, Rüzgâr Yönü, Yağmur, Piranometre               | Wi-Fi                       | IoT       | Yüksek | Web                   |
| Muck ve Homam, 2018         | Sıcaklık ve Nem, Rüzgâr Hızı, Rüzgâr Yönü, Yağmur, Işık Yoğunluğu, Atmosferik Basınç | Wi-Fi                       | IoT       | Yüksek | Web/Mobil             |
| Kusriyanto ve Putra, 2018   | Sıcaklık ve Nem, Atmosferik Basınç, Yağmur                                           | Wi-Fi                       | IoT       | Orta   | Dasboard IoT Platform |
| Haque ve ark., 2019         | Sıcaklık ve Nem, Atmosferik Basınç, Yağmur, MQ2 Gaz                                  | GSM module                  | Kablosuz  | Orta   | LCD/SMS               |
| Hussein vd., 2020           | Sıcaklık ve Nem, Rüzgâr Hızı, Rüzgâr Yönü, Yağmur, Toz                               | ZigBee                      | WSN       | Yüksek | GLCD Ekran            |

### 3.Hava İzleme Sisteminin Tasarımı

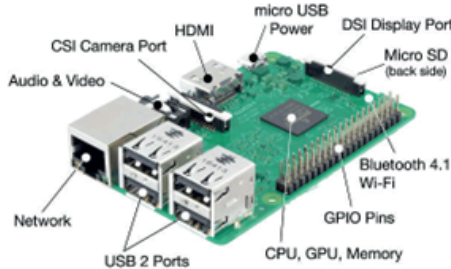
Hava izleme sisteminin geliştirilmesinde mikro denetleyici olarak Raspberry Pi 3 kartı tercih edilmiştir. Bu kartla beraber sistemden sıcaklık ve nem ölçümü için DHT22, hassas sıcaklık değerleri için DS18B20 ve basınç değerleri için BMP180 algılayıcıları kullanılmıştır. Yazılım dili olarak python tercih edilerek “Jupiter Notebook” üzerinde uygulama geliştirilmiştir. Sistemin genel tasarımı Şekil 1’ de gösterilmiştir. Sistem tasarımının ilk aşamasında dijital ve analog algılayıcılardan elde edilen verilerin Raspberry kartı tarafından elde edilmesi ve hava izleme sistemi için gerekli olan verilerin çıkarılmasıdır. Bu veriler sistem üzerinde bir CSV dosyası üzerinde saklanmaktadır. Sistemin diğer kısmında ise elde edilen veriler yine python aracılığıyla bulut sistemi olan “Thingspeak” platformuna aktarılmakta ve sistemin takibinin sağlanması gerçekleştirilmektedir. Genel itibariyle sistem, Raspberry kartı üzerinde elde edilmesi gereken veriler alındıktan sonra bulut platformuna aktarılması ve takibi şeklinde sağlanmaktadır.



*Şekil 1. Hava İzleme Sistem Tasarımı*

#### 3.1. Raspberry Pi 3

Raspberry Pi (Şekil 2), Birleşik Krallık’ ta Raspberry Pi Vakfı tarafından geliştirilen, standart kartvizit büyüklüğünde bir bilgisayardır. Aynı zamanda tek kart bilgisayarı (Single Board Computer – SBC) olarak da ifade edilmektedir.



*Şekil 2. Raspberry Kartının Şematik Yapısı*

SCB üstünde GPIO pinlerinin yanı sıra mikroişlemci ve RAM sayesinde bir bilgisayar için gerekli olan bütün donanıma sahip olan bir bilgisayar olarak bilinmektedir. Bu bilgisayarlar daha küçük boyutlarının yanında enerji tüketimleri oldukça düşüktür. İşlemci mimarisi incelendiğinde ise ARM mimarisi görülmektedir. Arm mimarisinde, x86'ya sahip modelleri de yer almaktadır. Donanımsal olarak bir bütün gibidir ve kolay kolay değiştirilemezler. 3. Nesil olan Raspberry Pi 3 kontrol kartı hem Bluetooth hem de Wi-Fi teknolojilerini barındırmaktadır. Dolayısıyla bu kontrol kartının nesnelerin interneti uygulamalarında (askeri, sağlık, mühendislik vb.) sıkça görmek mümkündür.

Raspberry Pi 3 kartının temel teknik özellikleri şu şekildedir:

- 4 çekirdekli, 64 Bit ARM Cortex A-53 işlemcisi 1.2 GHz,
- Multimedia tabanlı 2 çekirdekli grafik işlemci
- 802.11b/g/n desteği,
- Bluetooth desteği,
- Ethernet, HDMI, 4 uçlu konektör (TRRS), USB 2.0 ve SD Kart yuvası bulundurmaktadır.
- Windows IoT Core veya Linux dağıtımı tercih edebilirsiniz.

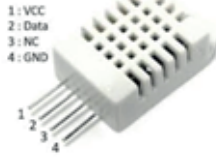
Raspberry Pi 3 kartının GPIO pinlerine ait görsel Şekil 3' te gösterilmiştir.

| Pin# | NAME                               |  | NAME                               | Pin# |
|------|------------------------------------|--|------------------------------------|------|
| 01   | 3.3v DC Power                      |  | DC Power 5v                        | 02   |
| 03   | GPIO02 (SDA1 , I <sup>2</sup> C)   |  | DC Power 5v                        | 04   |
| 05   | GPIO03 (SCL1 , I <sup>2</sup> C)   |  | Ground                             | 06   |
| 07   | GPIO04 (GPIO_GCLK)                 |  | (TXD0) GPIO14                      | 08   |
| 09   | Ground                             |  | (RXD0) GPIO15                      | 10   |
| 11   | GPIO17 (GPIO_GEN0)                 |  | (GPIO_GEN1) GPIO18                 | 12   |
| 13   | GPIO27 (GPIO_GEN2)                 |  | Ground                             | 14   |
| 15   | GPIO22 (GPIO_GEN3)                 |  | (GPIO_GEN4) GPIO23                 | 16   |
| 17   | 3.3v DC Power                      |  | (GPIO_GEN5) GPIO24                 | 18   |
| 19   | GPIO10 (SPI_MOSI)                  |  | Ground                             | 20   |
| 21   | GPIO09 (SPI_MISO)                  |  | (GPIO_GEN6) GPIO25                 | 22   |
| 23   | GPIO11 (SPI_CLK)                   |  | (SPI_CE0_N) GPIO08                 | 24   |
| 25   | Ground                             |  | (SPI_CE1_N) GPIO07                 | 26   |
| 27   | ID_SD (I <sup>2</sup> C ID EEPROM) |  | (I <sup>2</sup> C ID EEPROM) ID_SC | 28   |
| 29   | GPIO05                             |  | Ground                             | 30   |
| 31   | GPIO06                             |  | GPIO12                             | 32   |
| 33   | GPIO13                             |  | Ground                             | 34   |
| 35   | GPIO19                             |  | GPIO16                             | 36   |
| 37   | GPIO26                             |  | GPIO20                             | 38   |
| 39   | Ground                             |  | GPIO21                             | 40   |

Şekil 3. Raspberry Pi 3 pin girişleri

### 3.2.DHT22 Algılayıcısı

DHT algılayıcıları, bir kapasitif nem algılayıcısı ve bir termistör olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır. İçinde ayrıca analogdan dijitale dönüşüm yapan ve sıcaklık ve nem ile birlikte dijital bir sinyal veren çok basit bir çip bulunmaktadır. Dijital sinyalin herhangi bir mikro denetleyici kullanılarak okunması oldukça basittir. DHT22 algılayıcısının görseli Şekil 4' te gösterilmiştir.



**Şekil 4.** DHT22 algılayıcısı

Düşük maliyetli sebebiyle temel veri kaydı yapmak için sıklıkla tercih edilmektedir. DHT22 algılayıcısının temel özellikleri:

- Düşük maliyetli
- 3 ila 5 V güç ve G/Ç
- Dönüştürme sırasında 2,5 mA maksimum akım kullanımı (veri talep edilirken)
- %2-5 doğrulukla %0-100 nem okumaları için iyi
- -40 ila 125°C sıcaklık okumaları için iyi  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  doğruluk
- En fazla 0,5 Hz örnekleme hızı (her 2 saniyede bir)
- Gövde boyutu 15,1 mm x 25 mm x 7,7 mm
- 0.1" aralıklı 4 pin

DHT22 algılayıcısı yaklaşık olarak 20 metreden daha kısa mesafelerde kullanılmaktadır. Veri ve VCC pinleri arasına 4,7 Kohm' luk bir direnç bağlanmalıdır. DHT22 çıkış veri pini, devre tasarımında Raspberry GPIO 16' ya bağlanmıştır.

- Vcc ==> 3,3V
- Veri ==> GPIO 16
- Bağlanmıyor
- Gnd ==> Gnd

Python, Jupiter Notebook üzerinde nem ve sıcaklık dönüşü şu komutlarla gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).

```
In [3]: humDHT, tempDHT = Adafruit_DHT.read_retry(DHT22Sensor, DHTpin)
        if (humDHT is not None) and (tempDHT is not None):
            hum = round(humDHT, 1)
            temp = round(tempDHT, 1)
```

*Şekil 4. DHT22’den elde edilen sıcaklık ve nem değerlerinin kod bloğu*

### 3.3. DS18B20 Algılayıcısı

DS18B20 algılayıcısı, ıslak koşullarda sıcaklık ölçümü için oldukça kullanışlıdır. Geliştirilen sistem içinde de su geçirmez bir versiyonu tercih edilmiştir. Algılayıcı, izoleli olup 125oC’ye kadar ölçüm yapabilmektedir ancak Adafruit kablosu PVC kılıfından dolayı 100oC’nin üzerinde kullanılması genellikle tavsiye edilmemektedir.

DS18B20, uzun mesafelerde bile kullanımı iyi kılan bir dijital sıcaklık algılayıcısıdır. Yerleşik dijital-analog dönüştürücünden 12 bit’e kadar hassasiyet sağlayabilir ve bu sayede  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  ölçüm aralıklarında değerler elde edilebilmektedir. Raspberry’ nin tek bir dijital pini kullanarak bağlanabilmektedir. Her bir algılayıcının kendi üzerinde ise 64 bit benzersiz bir kimliği yer almaktadır. Algılayıcı 3,0 ila 5,0 v arasında çalışmaktadır. Dolayısıyla Raspberry pinlerinden (1 veya 17) biri tarafından sağlanan 3,3 V’ tan güç alabilmektedir. Algılayıcının 3 çıkışı vardır:

GND, VCC ve Veri bağlantısıdır. Raspberry bağlantıları şu şekildedir:

- Vcc ==> 3.3V
- Yer ==> Yer
- Veri ==> GPIO 4 (kütüphane için varsayılan)

Python, Jupiter Notebook üzerinde DS18B20 üzerinde sıcaklık dönüşü şu komutlarla gerçekleştirilmiştir (Şekil 5).

```
In [6]: ds18b20Sensor = W1ThermSensor()

In [7]: tempExt = round(ds18b20Sensor.get_temperature(), 1)
```

*Şekil 5. DS18B20’den elde edilen sıcaklık değerinin kod bloğu*

### 3.4. BMP180 Algılayıcısı

BMP180, yüksek hassasiyetli dijital basınç algılayıcısı olan BMP085’in yeni versiyonudur. BMP180’ in ultra düşük güç, düşük voltaj elektroniği, cep telefonlarında, PDA’ larda, GPS, navigasyon cihazlarında ve dış mekan ekipmanlarında kullanım için optimize edilmiştir. Hızlı dönüştürme süresinde yalnızca 0,25 m’ lik düşük irtifa gürültüsü ile BMP180 üstün performans sunmaktadır. I2C arabirimi, bir mikro denetleyici ile

sistem entegrasyonu sağlamaktadır. BMP180, EMC sağlamlığı, yüksek doğruluk ve doğrusallığın yanı sıra uzun vadeli kararlılık için piezo dirençli teknolojiye dayanmaktadır. Raspberry bağlantıları şu şekildedir:

- Vin ==> 3.3V
- TOPRAK ==> TOPRAK
- SCL ==> GPIO 3
- SDA ==> GPIO 2

Python, Jupiter Notebook üzerinde BMP180 üzerinde sıcaklık, basınç ve yükseklik (rakım) dönüşümü şu komutlarla gerçekleştirilmiştir (Şekil 6).

```
In [11]: tempBMP = round(bmp180Sensor.read_temperature(), 1)
presBMP = round(bmp180Sensor.read_pressure()/100, 1) # absolute pressure in h
altBMP = round(bmp180Sensor.read_altitude(),1)
```

**Şekil 6.** BMP180'den elde edilen sıcaklık, basınç ve yükseklik(rakım) değerlerinin kod bloğu

BMP180, atmosferik basıncı doğru bir şekilde ölçmek için tasarlanmıştır. Atmosfer basıncı hem hava durumuna hem de yüksekliğe göre değişmektedir. Atmosfer basıncı, havanın her şeye uyguladığı kuvvet olarak ifade edilmektedir. Atmosferdeki gazların ağırlığı atmosfer basıncını oluşturmaktadır. Yaygın bir basınç birimi “inç kare başına pound (Pounds per square inch )” veya PSI’ dir. Hava izleme sistemi için pascal (Pa) olarak adlandırılan, metrekare başına newton olan uluslararası ifade kullanılmıştır.

### 3.5. Verilerin Elde Edilmesi

Hava izleme sistemi için kullanılan Raspberry kartının algılayıcılarla birlikte dönüşümünü sağladığı verileri düzenli bazlarda yakalamak için tek bir döngü işlevi oluşturuldu ve bunlar yerel de bir dosyaya kaydedilmiştir (Şekil 7).

```
with open("/home/pi/rpi_hava_izleme_sistemi.csv", "a") as log:
    while True:
        getSensorData()
        log.write("{}.{},{},{},{},{},{},{}\n".format(timeString, humLab, tempExt, tempLab, presSL, altLab, presAbs))
        time.sleep(20)
```

**Şekil 6.** Verilerin kaydedilmesini sağlayan kod bloğu

Yukarıdaki kod bloğunda görüldüğü üzere, kök dizininde "rpi\_hava\_izleme\_sistemi.csv" adlı bir dosya açılacaktır. Her 20 saniyede bir, zaman damgası ve tüm algılayıcılardan gelen veriler bu dosyaya anlık olarak eklenecektir.

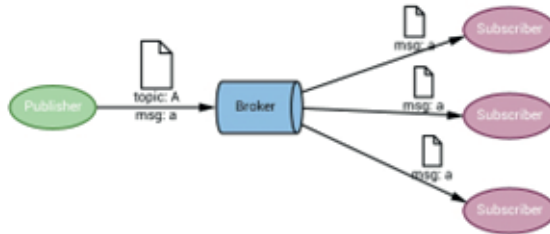
### 3.6. Verilerin Bulut Ortamına Aktarılması

"ThingSpeak", REST ve MQTT API'lerini kullanarak nesnelerdeki verileri depolamak ve almak için açık kaynaklı bir Nesnelerin İnterneti uygulamasıdır. ThingSpeak, algılayıcıların günlük uygulamalarının, konum izleme uygulamalarının ve durum güncellemeleriyle bir sosyal ağ oluşturulmasını sağlamaktadır.

ThingSpeak kullanımı için öncelikle bir hesap oluşturulması gereklidir. Ardından, bir Kanal oluşturarak bulut üzerinde almak istediğimiz alanları belirlenmesi hemen ardından ise okuma ve yazma API anahtarları aracılığıyla verileri nasıl yazacağımızı ve okuyacağımıza ait anahtarları kullanmamız gerekecektir.

MQTT, öncelikli olarak bant genişliği ve gücü kısıtlı cihazları kablo-suz ağlar üzerinden bağlamak için geliştirilmiş bir yayınlama/abone olma mimarisidir. TCP/IP yuvaları veya WebSockets üzerinde çalışan basit ve hafif bir protokoldür. WebSockets üzerinden MQTT, SSL ile korunabilmektedir. Yayınlama/abone olma mimarisi, cihazın sürekli olarak sunucuyu sorgulamasına gerek kalmadan mesajların istemci cihazlara iletilmesini sağlar.

MQTT aracı, merkezi iletişim noktasıdır ve yayıncı ile aboneler arasındaki tüm mesajları göndermekten sorumludur. İstemci, aracıya bağlanan ve bilgilere erişmek için konuları yayınlayabilen veya bu konulara abone olabilen herhangi bir cihazdır (Şekil 8). Bir konu, aracı için yönlendirme bilgilerini içerir. Mesaj göndermek isteyen her yayıncı belli bir konu yayınlar ve mesaj almak isteyen her abone belli bir konuya abone olur. Aracı, eşleşen konuya sahip tüm iletileri uygun istemcilere teslim eder.



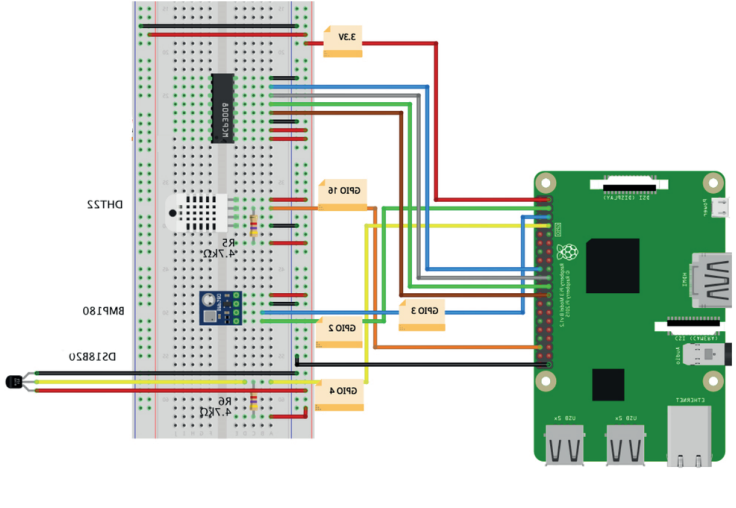
*Şekil 8. MQTT sisteminin çalışma mimarisini*

ThingSpeak, [mqtt.thingspeak.com](http://mqtt.thingspeak.com) URL'sinde ve 1883 numaralı bağlantı noktasında bir MQTT aracısına sahiptir. ThingSpeak aracı hem MQTT yayınlamayı hem de MQTT aboneliğini desteklemektedir.



#### 4. Hava İzleme Sistemi Test Çalışmaları

Hava İzleme Sistemi, hava parametrelerinin ekonomik, esnek ve sorunsuz takip etmek amacıyla tasarlanmıştır. GPIO pinleri, algılayıcılar ve Raspberry kartı arasındaki bağlantılar gerçekleştirilmesinin bir alanı yoktur. Geliştirilen hava istasyonundaki Raspberry kartının internete kablolu internet, güç ihtiyacı için ise 5 V' luk adaptör kullanılmıştır. Hava izleme sistemi için hazırlanan sistemin devre şeması Şekil 9' da gösterilmektedir.



*Şekil 9. Hava İzleme Sistemi devre şeması*

Hava izleme sistemi için dış ortam sıcaklığı, nem, iç ortam sıcaklığı, basınç ve yükseklik (rakım) parametrelerini elde edebilmek için sıcaklık ve nem algılayıcıları kullanılmıştır. Algılayıcılardan elde edilen dijital ve analog veriler, Raspberry kartı tarafından alınmış ve "rpi\_hava\_izleme\_sistemi.csv" olarak kaydedilmiştir. Elde edilen veriler ise ThingSpeak platformuna gönderilerek anlık olarak hem verilerin takibi sağlanmış hem de grafiksel olarak gösterilmesi gerçekleştirilmiştir. Raspberry, içerisindeki Python kodunun çalıştırılmasıyla, algılayıcılardan elde edilen ham verilerin ekran çıktısı Şekil 10'da gösterilmiştir.

| Dosya            | Düzen | Biçim | Görünüm | Yardım     |
|------------------|-------|-------|---------|------------|
| 2022-11-25 18:00 | 14.3  | 20.5  | 1040.24 | 27,893,910 |
| 2022-11-25 18:00 | 14.4  | 20.5  | 1040.24 | 27,893,910 |
| 2022-11-25 18:00 | 14.6  | 20.5  | 1040.24 | 27,893,910 |
| 2022-11-25 18:01 | 14.9  | 20.5  | 1040.24 | 27,893,910 |
| 2022-11-25 18:01 | 13.9  | 20.5  | 1040.24 | 27,893,910 |
| 2022-11-25 18:01 | 13.1  | 20.5  | 1040.24 | 27,893,910 |
| 2022-11-25 18:02 | 25.5  | 21.5  | 1040.24 | 27,893,910 |
| 2022-11-25 18:02 | 14.1  | 20.5  | 1040.24 | 27,893,910 |

**Şekil 10.** Hava İzleme Sisteminden elde edilen CSV dosyası

Dış ortam sıcaklığı, nem, iç ortam sıcaklığı, basınç ve yükseklik (rakım) parametrelerini gerçek zamanlı olarak algılayıcılar aracılığıyla toplanması gerçekleştirilmiştir (Şekil 11). Elde edilen değerler, görselleştirmek amacıyla bulut sistemi ThingSpeak üzerinden kullanıcılara sunulmuştur.



**Şekil 11.** ThingSpeak üzerinden elde edilen verilerin grafiksel gösterimi

ThingSpeak, kanaldaki her alana verilerin sürekli olarak yüklendiğini görülecektir. Kanal, gelecekteki analizler için bu verileri otomatik olarak günlüğe kaydetmektedir. Günlüğe kaydedilen veriler doğrudan CSV dosyasında ya da bir web ya da mobil servis aracılığıyla görüntülenebilmektedir.

## 5. Sonuç

Hava izleme sistemleri, hava ölçümleri ve tahmini, rüzgâr ve güneş gibi elektriğe dönüştürülebilen kaynakların tahmini ve takibi, doğa olaylarının ön görülebilmesi amaçlarıyla meteorolojik verilerin toplanması için kurulan sistemlerdir.

Bu çalışmada, gerçek zamanlı hava takibinin izlenmesine imkân sağlayan nesnelerin interneti tabanlı bir hava izleme sistemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, hava parametrelerine ait verilerin gerçek zamanlı olarak takip edilmesi, kayıt altına alınması ve görüntülenebilmesidir. Bu amaçla kullanılacak hava izleme sistemi içerisinde, Raspberry kartı, sıcaklık, nem, basınç algılayıcıları kullanılarak sistemin tasarımı oluşturulmuştur. Hava durumu parametreleri Raspberry kartında işlendikten sonra csv dosya sistemine kaydedilmektedir. Veriler wi-fi aracılığıyla sistem için kullanılan ThingSpeak platformuna gönderilerek sayısal ve grafiksel olarak sunulmaktadır. Hava izleme sistem modeli, esnek kullanımı, taşınabilir ve düşük maliyetiyle ön plana çıkmaktadır.

Mevcut çalışma, sonraki aşamaların özellikle algılayıcı sayısı artırılarak farklı parametrelerin eklenmesiyle bütünsel bir yapıya çok kolay dönüştürülebilir. Hatta yapay zekâ algoritmaları kullanılarak hava izleme sisteminde elde edilen parametrelerden hava durumu öngörülerini tahmin edebilir çözümler sunulabilir.

## KAYNAKÇA

- Abraham, S., & Li, X. (2014). A cost-effective wireless sensor network system for indoor air quality monitoring applications. *Procedia Computer Science*, 34, 165-171.
- ASHRAE-62. 2016. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Assimakopoulos, M. N., Dounis, A., Spanou, A., & Santamouris, M. (2013). Indoor air quality in a metropolitan area metro using fuzzy logic assessment system. *Science of the Total Environment*, 449, 461-469.
- Bakó-Biró, Z., Clements-Croome, D. J., Kochhar, N., Awbi, H. B., & Williams, M. J. (2012). Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Building and environment*, 48, 215-223.
- Baste, P., & Dighe, D. (2017). Low cost weather monitoring station using Raspberry Pi. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(5), 3184-3189.
- Chatzidiakou, L., Mumovic, D., & Summerfield, A. J. (2012). What do we know about indoor air quality in school classrooms? A critical review of the literature. *Intelligent Buildings International*, 4(4), 228-259.
- Devaraju, J. T., Suhas, K. R., Mohana, H. K., & Patil, V. A. (2015). Wireless portable microcontroller based weather monitoring station. *Measurement*, 76, 189-200.
- Ekren, O., Karadeniz, Z. H., Atmaca, I., Ugranli-Cicek, T., Sofuoglu, S. C., & Toksoy, M. (2017). Assessment and improvement of indoor environmental quality in a primary school. *Science and Technology for the Built Environment*, 23(2), 391-402.
- Haque, M. I., Shatil, A. H. M., Tusar, A. N., Hossain, M., & Rahman, M. H. (2019, January). Renewable powered portable weather update station. In *2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST)* (pp. 374-377). IEEE.
- Hussein, Z. K., Hadi, H. J., Abdul-Mutaleb, M. R., & Mezaal, Y. S. (2020). Low cost smart weather station using Arduino and ZigBee. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(1), 282-288.
- Jiang, Y., Li, K., Tian, L., Piedrahita, R., Yun, X., Mansata, O., ... & Shang, L. (2011, September). MAQS: a personalized mobile sensing system for indoor air quality monitoring. In *Proceedings of the 13th international conference on Ubiquitous computing* (pp. 271-280).
- Katyal, A., Yadav, R., & Pandey, M. (2016). Wireless arduino based weather station. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(4), 274-276.

- Khan, R., Khan, S. U., Zaheer, R., & Khan, S. (2012, December). Future internet: the internet of things architecture, possible applications and key challenges. In 2012 10th international conference on frontiers of information technology (pp. 257-260). IEEE.
- Kim, J. Y., Chu, C. H., & Shin, S. M. (2014). ISSAQ: An integrated sensing systems for real-time indoor air quality monitoring. *IEEE Sensors Journal*, 14(12), 4230-4244.
- Kusriyanto, M., & Putra, A. A. (2018, October). Weather station design using iot platform based on Arduino mega. In 2018 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD) (pp. 1-4). IEEE.
- Li, H., Ochani, M. K., Zhang, H., & Zhang, L. (2017). Design of micro-automatic weather station for modern power grid based on STM32. *The Journal of Engineering*, 2017(13), 1629-1634.
- Mad Saad, S., Melvin Andrew, A., Md Shakaff, A. Y., Mohd Saad, A. R., Muhammad Yusof@ Kamarudin, A., & Zakaria, A. (2015). Classifying sources influencing indoor air quality (IAQ) using artificial neural network (ANN). *Sensors*, 15(5), 11665-11684.
- Mintz, D. 2012. Technical Assistance Document for Reporting of Daily Air QualityThe Air Quality Index (AQI). North Carolina, US EPA.
- Muck, P. Y., & Homam, M. J. (2018). Iot based weather station using raspberry Pi 3. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.30), 1-4.
- Naeem, R. Z., Bashir, S., Amjad, M. F., Abbas, H., & Afzal, H. (2019). Fog computing in internet of things: Practical applications and future directions. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 12(5), 1236-1262.
- Navani, D., Jain, S., & Nehra, M. S. (2017, December). The internet of things (IoT): A study of architectural elements. In 2017 13th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS) (pp. 473-478). IEEE.
- Postolache, O., Girao, P., Pereira, M. D., Ferraria, G., Barroso, N., & Postolache, G. (2009, May). Indoor monitoring of respiratory distress triggering factors using a wireless sensing network and a smart phone. In 2009 IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (pp. 451-456). IEEE.
- Ram, K. S. S., & Gupta, A. N. P. S. (2016). IoT based Data Logger System for weather monitoring using Wireless sensor networks. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 32(2), 71-75.
- Rawi, M. I. M., & Al-Anbuky, A. (2013). Wireless sensor networks and human comfort index. *Personal and ubiquitous computing*, 17(5), 999-1011.
- Ray, P. P. (2017). Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(4), 395-420.

- Rey Martínez, F. J., Chicote, M. A., Peñalver, A. V., González, A. T., & Gómez, E. V. (2015). Indoor air quality and thermal comfort evaluation in a Spanish modern low-energy office with thermally activated building systems. *Science and Technology for the Built Environment*, 21(8), 1091-1099.
- Sethi, P., & Sarangi, S. R. (2017). Internet of things: architectures, protocols, and applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2017.
- Shaban, K. B., Kadri, A., & Rezk, E. (2016). Urban air pollution monitoring system with forecasting models. *IEEE Sensors Journal*, 16(8), 2598-2606.
- Spachos, P., & Hatzinakos, D. (2015). Real-time indoor carbon dioxide monitoring through cognitive wireless sensor networks. *IEEE sensors journal*, 16(2), 506-514.
- Venkatanarayanan, A., Vijayavel, A., Rajagopal, A., & Nagaradjane, P. (2019). Design of sensor system for air pollution and human vital monitoring for connected cyclists. *IET Communications*, 13(19), 3181-3186.
- WHO. 2010. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO Regional Office for Europe.
- Xiang, Y., Piedrahita, R., Dick, R. P., Hannigan, M., Lv, Q., & Shang, L. (2013, May). A hybrid sensor system for indoor air quality monitoring. In 2013 IEEE International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (pp. 96-104). IEEE.

“

## Bölüm 4

**ELEKTRİKLİ ARAÇLAR: TARİHSEL  
GELİŞİMİ, ŞARJ SİSTEMLERİ,  
ŞARJ TEKNOLOJİLERİ, ŞEBEKE  
ENTEGRASYONU VE SON GELİŞMELER**

*M. Mustafa ERTAY<sup>1</sup>*

*Zeynep Tuğba CEM<sup>2</sup>*

”

---

<sup>1</sup> M. Mustafa ERTAY, Dr. Öğr. Üyesi, Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye. Orcid No: 0000-0002-6010-8211. mustafaertay@duzce.edu.tr

<sup>2</sup> Zeynep Tuğba CEM, Elektrik-Elektronik Mühendisi, Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği ABD, Düzce, Türkiye. tugbacem.1996@gmail.com

## GİRİŞ

Son yıllarda endüstrileşme ve artan enerji ihtiyacı sebebiyle enerji kullanımında artış görülmektedir. Bununla beraber kullanılan geleneksel enerji kaynağı olan fosil yakıtların rezervlerinin azalması Dünya’da alternatif enerji kaynaklarının dikkate alınmasını ve gelişmekte olan elektrikli araç (EA) teknolojisinin önem kazanmasını sağlamıştır. Ayrıca fosil yakıtlar sebebiyle meydana gelen bir takım çevresel zararların elektrikli araçların kullanımı ile azalacak olması bu çalışmalarda motivasyon kaynaklarından birisi olmuştur. Elektrikli araçlarda ise batarya sistemlerinin maliyeti, şarj süresi ve şarj istasyonu gibi problemler bu araçların yaygınlaşmasına engel teşkil etmektedir. Dünya’da ve ülkemizde bu konuda çalışmalar devam etmekte olup bahsedilen problemlerin çözümü ile elektrikli araçların yaygınlık kazanacağı öngörülmektedir (URL-1; Arif vd., 2021). EA’ların çevresel yararlarının yanı sıra elektrik şebekesine olan yararları da bu konudaki çalışmalarda diğer dikkat çeken ve motivasyon kaynağı olan nedenlerden birisidir. EA’ların şebekeye olan yararları ancak Vehicle to Grid (V2G) gibi şarj teknolojileri kullanılırsa elde edilebilir (Arif vd., 2021; Patil ve Kalkhambar, 2021). EA’ın şarjı için elektrik güç şebekesi ayarlanabilir ancak EA’ların şebekeye dahil edilmesi sistemin dinamik yüklenmesi anlamına gelir bu da şebekede gerilim dalgalanmaları ve gerilim çökmeleri dahil olmak üzere bazı sorunlara yol açabilir. EA şarj istasyonları V2G gibi geliştirilen şarj teknolojileri ile beraber birer mikro şebeke olarak kabul edilebilir (Rani ve Raju, 2022). Bu nedenle EA’lar elektrik şebekesinin kararlılığını artıran bir enerji depolama sistemi olarak görülebilirler. Çünkü EA’lar genellikle günün önemli bir bölümünde park halinde durmaktadır. V2G teknolojisi mevcut olan bir şarj istasyonunda EA park halindeyken çift yönlü şarj yoluyla Grid to Vehicle (G2V) ile enerjiyi depolar ve bu enerjiyi şebekenin tepe yük zamanında V2G ile sisteme geri verebilir (Shumei vd., 2011). Böylece, EA’lar örneğin elektrik şebekesinde gerilim regülasyonu ve frekans regülasyonuna yardımcı olabilmektedir (Naik vd., 2021).

Ülkemizde, Türkiye’nin Otomobili Girişim Grubu (TOGG) tarafından 2019 yılında ilk yerli ve milli elektrikli araç prototipleri üretilmiş ve tanıtımı yapılmıştır. 2022 yılında ise Bursa/Gemlik’te TOGG için yapılan fabrika tamamlanarak seri üretime geçilmiş, 29 Ekim 2022’de ise ilk TOGG elektrikli aracı üretim bandından inmiştir (URL-2). Bununla beraber ülkemizde elektrikli araçlar ile ilgili çalışmaların daha da yaygınlaşması, üniversite-sanayi işbirliğinin güçlendirilmesi amacıyla Dünya’da ve ülkemizde bu konuda yapılan çalışmaların güncel literatür incelemesi ve takibi büyük önem arz etmektedir.



Bu konuda yapılan çalışmaları dikkate aldığımızda (İşen ve Tarlak, 2018) çalışmalarında elektrikli araç tipleri, şarj sistemleri ve dönüştürücülerle ilgili bilgiler vermiştir. Ancak genel olarak hibrit elektrikli araçlarla ilgili bilgilere yer verilmiş ve bu konuda yapılan çalışmalara değinilmiştir. (Balcı ve vd., 2020) yaptıkları çalışmada elektrikli araçların mekanik güç aktarma yapıları, elektrik motorları, motor sürücü sistemleri, bataryalar ve şarj sistemleri üzerine bir araştırma yapmış ve bilgiler vermiştir. Ancak V2G gibi şarj teknolojilerine yer verilmemiştir. (Ateş, 2022) yaptığı çalışmada genel olarak şarj istasyonu standartları, şarj sistemleri ve Türkiye’de ki şarj istasyonları ile ilgili bilgilere yer vermiştir. (URL-3)’te elektrikli araçların akıllı şebeke entegrasyonu ve V2G uygulamasına yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Diğer bir çalışmada ise EA şarj istasyonlarının güç dağıtım şebekesine etkileri yapılan yük akış analizleri vasıtasıyla incelenmiştir (URL-4). (URL-5) ‘te elektrikli araçların şarj devrelerinde kullanılan güç faktörü düzeltmeli bazı dönüştürücülerin karşılaştırılması yapılmış ve interleaved yükseltici türü güç faktörü düzeltmeli dönüştürücünün geleneksel olana göre daha verimli olduğu ifade edilmiştir. (Zhang vd., 2019) yaptıkları çalışmada, güç dengeleme, gerilim düşümü kompanzasyonu gibi özellikler yoluyla iyileştirilmiş kararlı bir çalışma olanağı sunan çok portlu bir dönüştürücü tabanlı EA şarj istasyonu önermişlerdir. (Acharige vd., 2021) EA batarya depolama sistemini şarj kabiliyetine ve güç şebekesini desteklemek için V2G çalışma moduna sahip fotovoltaiik tabanlı akıllı EA şarj sistemi önermişlerdir. İlgili çalışmada şarj sisteminde fotovoltaiik sistem çıkışında tek uçlu primer indüktör dc-dc dönüştürücü, EA şarjı için çift yönlü dc-dc dönüştürücü ve şebeke bağlantısı ve arayüzü için LCL filtreli üç seviyeli inverter kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada şarj sistemindeki V2G güç transferinin dağıtım şebekesinin aynı zamanda arıza sürme kabiliyetini de iyileştirme olanağı sunduğu ifade edilmiştir. (Misra vd., 2020) V2G tabanlı bir EA akıllı şarj sistemi için akıllı batarya yönetim şeması önermiştir. (Shakeel ve Malik, 2019) bir mikro şebekede EA’ların üçüncü seviye dc hızlı şarjını kullanarak V2G-G2V sistemini uygulamak için bir test sistemi önermişlerdir. Ayrıca çalışmada şarj istasyonunun şebeke akımı için düşük harmonik bozulum sağladığı ve denetleyicinin dc gerilim kararlılığı açısından iyi bir dinamik performans verdiği ifade edilmiştir.

Bu çalışmada EA’ların tarihsel gelişimi, sınıflandırılması, şarj sistemleri, elektrik motorları, dönüştürücü yapıları, şarj teknolojileri, şarj standartları, Türkiye’deki şarj istasyonlarının durumu ve EA’ların güç sistemine etkileri incelenmiştir. Bu alandaki Türkçe literatür incelendiğinde bazı çalışmalar (İşen ve Tarlak, 2018), sadece hibrit araçlara ilişkin incelemeler içerirken, bazı çalışmalarda (Balcı ve vd., 2020) ise V2G gibi

teknolojiler yer almamaktadır. Bazı çalışmalar (Ateş, 2022; URL-4) ise sadece şarj istasyonu ve standartlarının incelenmesi üzerinedir. Bu nedenle yapılan çalışmada bu alandaki güncel literatür ve son gelişmeler dikkate alınarak EA'nın neredeyse bütün kısım ve teknolojileri incelenip bir araya getirilerek Türkçe literatüre katkıda bulunulmaya çalışılmıştır. Ülkemiz için umut vadeden TOGG aracının üretim bandından inmesinin akabinde yapılan bu çalışmanın bu alanda farkındalık yaratması ve motivasyon oluşturmaları ana hedeflerdendir. Özellikle bu alanda hem yatırım maliyetinin düşmesini sağlayan ve hem de güç şebekesine birçok açıdan faydaları olan V2G-G2V teknolojilerine geniş olarak yer verilmeye çalışılmıştır.

## ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN TARİHSEL GELİŞİMİ

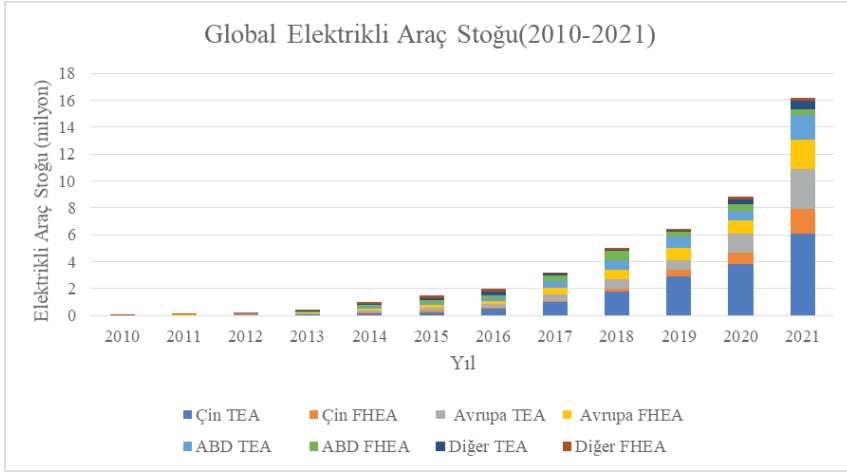
Bilinen ilk binek elektrikli araç bir prototip olarak 1832-1839 yılları arasında Robert Andersen tarafından yapılmıştır. Üretilen ilk elektrikli araç ise 1835 yılında Prof. Stratingh tarafından gerçekleştirilmiştir. İlk ticari uygulamanın ise ABD'de New York şehrinde şehir taksileri olarak hizmete alındığı bilinmektedir (Chan, 2013; URL-6). Bu konudaki çalışmaların hızlanması 1842'de Thomas Davenport ve Robert Davidson'ın ortaya koyduğu bataryalı araç ile olmuştur (URL-1). 1859 yılında ise şarj edilebilen bataryaların icat edilmesi ile EA düşüncesi anlam kazanmıştır. 1900'lü yıllara gelindiğinde ise ilk hibrit araç fikri ortaya çıkmıştır. 1900'lü yıllarda ABD'de EA'lar sayı itibarıyla içten yanmalı motor (İYM) bulunan araçlardan fazla olmasına rağmen 1920-1960 aralığında gerek petrol fiyatlarının düşmesi ve gerekse İYM'lu araçlarda marş motorunun bulunması ve araç maliyetlerinin düşmesi İYM'lu araçların Dünya'ca benimsenmesine yol açmıştır (URL-1). EA'lar şehir içindeki kısa mesafeler için tamamen konforlu ve güvenli bir sürüş imkânı tanımışlardır. Ancak İYM'lu araçların kitlesel olarak benimsenmesi ve şehir dışındaki kötü şartlar ile uzun mesafelerin EA'la kat edilememesinden dolayı benzinle çalışan araçlara kıyasla EA'nın kullanımı bu dönemde giderek azalmıştır (Lambrecht, 2021; Matulka, 2014).

Takip eden yıllar boyunca, EA'lar, teknolojisinde 1990'lara kadar fazla bir ilerleme sağlayamamıştır. Çünkü ucuz ve bol benzin ile İYM'deki sürekli iyileştirme, alternatif yakıtlı araçlara olan talebi engellemiştir. Daha sonra 1960'ların sonlarına ve 1970'lerin başlarına ilerlediğimizde, artan petrol fiyatları ve benzin kıtlığı, 1973 arap petrol ambargosu ile zirve yapmıştır (Chan, 2013). Aynı zamanda 1960'lı yıllardan başlayarak artan çevre koruma ve küresel ısınma endişeleri, EA talebinde motivasyon kaynağı olmuştur. Bu durum 1980'lerde devletlerin petrole olan bağımlılığını azaltma ve yerli yakıt kaynakları bulma konusundaki çalışmalarını başlat-

miş ve bu konuda teşvikler verilmeye başlanmıştır (Chan, 2013). Bununla birlikte, birçok büyük ve küçük otomobil üreticisi, elektrikli otomobiller de dahil olmak üzere alternatif yakıtlı araçlar için seçenekleri araştırmaya başlamıştır (Matulka, 2014; Chan, 2013; Yong vd., 2015). 1990’larda yeni geliştirilen batarya teknolojileri ile EA’lar yeni bir döneme girmiştir. 2000’li yıllara gelindiğinde ise ilk defa seri hibrit EA üretilmiştir. 2008-2009 yıllarında ise Tesla markası tek seferde şarj edilen Roadster modeli EA’ı piyasaya çıkarmıştır (URL-1). Tablo 1’de günümüze kadar piyasaya sürülmüş olan bazı EA çeşitleri menzil, azami hız ve model bilgileriyle yer almaktadır (Eğin, 2019).

**Tablo 1:** *Geçmişten Günümüze EA’lar ve Özellikleri*

| <b>Yıl</b> | <b>Marka/Model</b>       | <b>Menzil</b> | <b>Azami Hız</b> |
|------------|--------------------------|---------------|------------------|
| 1899–1915  | Baker Electric           | 80 km         | 23 km/h          |
| 1902–1912  | Studebaker Electric      | 48 - 128 km   | 33 km/h          |
| 1907–1939  | Detroit Electric         | 130 km        | 32 km/h          |
| 1958–1960  | Henney Kilowatt          | 97–105 km     | 64 km/h          |
| 1974–1982  | Sebring-Vanguard Citicar | 65 km         | 80 km/h          |
| 1996–2003  | General Motors EA1       | 255 km        | 129 km/h         |
| 1997–1999  | Honda EA Plus            | 130–175 km    | 130 km/h         |
| 1997–2002  | Toyota RAV4 EA           | 140 km        | 126 km/h         |
| 2001–2012  | REVAi                    | 80 km         | 80 km/h          |
| 2008–2012  | Tesla Roadster           | 355 km        | 201 km/h         |
| 2009–      | Mitsubishi i MiEA        | 160 km        | 110 km/h         |
| 2010–      | Nissan Leaf              | 175 km        | 150 km/h         |
| 2011–      | Renault Kangoo Z.E.      | 70 km         | 130 km/h         |
| 2012–      | Tesla Model S            | 560km         | 249 km/h         |
| 2013–      | Renault Zoe              | 160 km        | 145 km/h         |
| 2013–      | BMW i3                   | 130 -160 km   | 150 km/h         |
| 2017–      | Chevrolet Bolt           | 383 km        | 146 km/h         |
| 2017–      | Tesla Model 3            | 335-500 km    | 209 km/h         |
| 2019-      | Porsche Taycan           | 323 km        | 260 km/h         |
| 2021-      | Rimac Nevera             | 547 km        | 412 km/h         |
| 2021-      | Lucid Air                | 840 km        | 378 km/h         |
| 2022-      | Lotus Evija              | 400 km        | 320 km/h         |
| 2022-      | Mercedes-Benz EQS        | 785 km        | 220 km/h         |



**Şekil 1:** Dünya Geneline Yollarda Olan EA Sayısı (TEA: Tam EA, FHEA: Fişli Hibrit EA)-(URL-7)

Dünya'daki 2012 yılı EA satışlarına baktığımızda yaklaşık 120 bin EA satıldığı raporlanmıştır. 2021 yılına baktığımızda ise aynı rakama bir hafta içerisinde ulaşıldığını görüyoruz. 2021 yılında yaklaşık 6.6 milyon EA satışı gerçekleşmiştir. 2021 yılı itibarıyla Dünya genelinde EA sayısı Şekil 1'de görüldüğü gibi 16.5 milyonun üzerindedir (URL-7). Covid-19 salgını döneminde 2020 yılında Dünya genelinde araba satışları %16 gerilese de EA satışlarında %43 artış gerçekleşmiştir (URL-1). 2021 yılı itibarıyla EA'ların Dünya genelinde ki araç satışlarında ki payı %9'a ulaşmıştır. EA model sayısı 2021 yılı itibarıyla 450'nin üzerindedir (URL-7).

Ülkemizde ise EA satışlarının pazar payı Tablo 2'den görüleceği üzere 2021 yılı Ocak-Ekim ayları arasında %0.4 iken 2022 yılının aynı döneminde artarak %1.1 olmuştur. Tablo 2'de görüldüğü gibi 2021 yılında Türkiye'de satılan araçların % 9'u HEA ve TEA, 2022 yılında ise %10.9'u HEA ve TEA'lardır. Ülkemizde 29 Ekim 2022 itibarıyla üretim bandından indirilen TOGG aracının 2023'te piyasaya sunulması beklenmektedir. 2022 yılı itibarıyla %51 yerli üretim oranına sahip olan aracın 2025'ten sonra %68 yerlilik oranına ulaşması hedeflenmiştir (URL-1). TOGG'un göze çarpan özellikleri arasında 30 dakikadan daha az sürede %80 şarj olabilmek, sıfır emisyon salınımı, aralıksız olarak internete erişim ve üst düzey otomatik sürüş kabiliyeti gösterilmektedir (URL-1). Ülkemizde TOGG yatırımı dışında ayrıca, Ford Otosan'ın 2023 yılı itibarıyla Kocaeli fabrikasında büyük bir yatırım ile Tam EA (TEA) için seri üretime geçeceği bildirilmektedir (URL-1). Bunun dışında Koç Holding'in Volkswagen AG ile EA üretimi için yaptığı anlaşma ile Kocaeli/Gölcük işletmelerinde yeni nesil ticari TEA üretileceği ifade edilmiştir. Ayrıca TÜBİTAK bünyesinde önemli EA bileşenlerinin yerli olarak geliş-

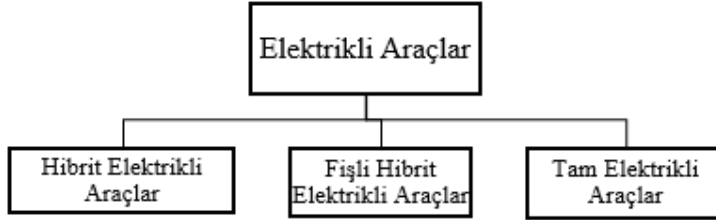
tilirip üretilerek, yerli EA yapılmasına yönelik çalışmalar bulunmaktadır (URL-1).

**Tablo 2:** Türkiye’de Araç Satışları ve Pazar Payları (URL-18)

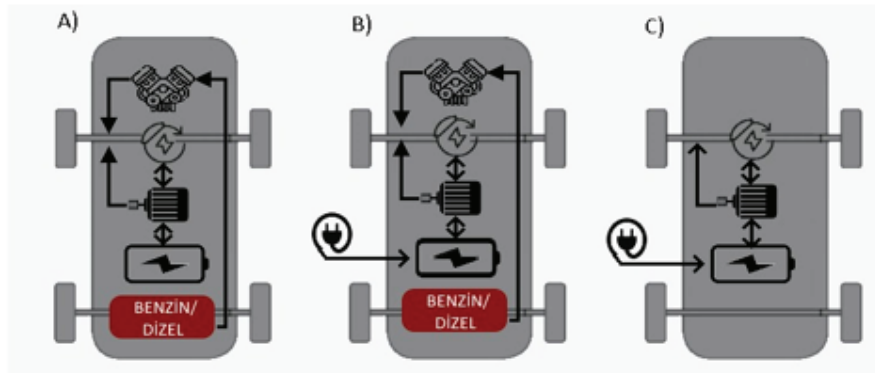
| MOTOR<br>TİPİ | Ocak-Ekim 2021 |       | Ocak-Ekim 2022 |       | DEĞİŞİM |
|---------------|----------------|-------|----------------|-------|---------|
|               | Adet           | Pay   | Adet           | Pay   |         |
| Benzin        | 312.193        | 65,7% | 316.109        | 70,8% | 1,3%    |
| Dizel         | 97.110         | 20,4% | 74.677         | 16,7% | -23,1%  |
| Gaz           | 23.202         | 4,9%  | 7.042          | 1,6%  | -69,6%  |
| Hibrit        | 40.820         | 8,6%  | 43.897         | 9,8%  | 7,5%    |
| Elektrik      | 1.987          | 0,4%  | 4.939          | 1,1%  | 148,6%  |
| Toplam        | 475.312        | 100%  | 446.664        | 100%  | -6%     |

## ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE SINIFLANDIRILMASI

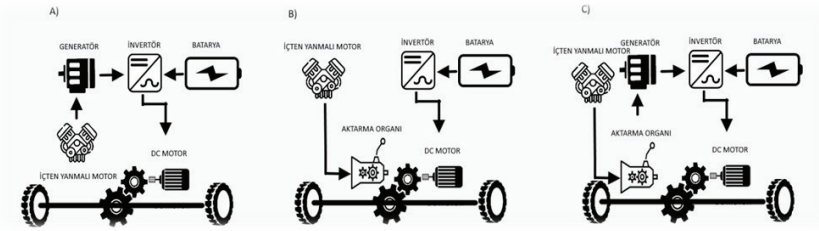
Mevcut tasarımlarda Şekil 2’de görüldüğü gibi üç çeşit EA teknolojisi bulunmaktadır. Bunlar hibrit elektrikli araçlar (HEA), Fişli HEA (FHEA) ve Tam EA’lardır. Şekil 3.1’de ise EA teknolojilerinin genel iç yapıları gösterilmektedir (Yong vd., 2015; URL-14).



**Şekil 2 :** EA Çeşitleri



**Şekil 3.1:** EA Çeşitlerinin İç Tasarımları: A) HEA B) FHEA C) TEA (URL-14)



Şekil 3.2 : HEA çeşitleri; A) Seri HEA B) Paralel HEA C) Seri-Paralel HEA (URL-15)

Şekil 3.1 (A)'da görüldüğü gibi bir HEA iki güç kaynağı kullanılır. Birinci güç kaynağı İYM'dir (benzinli veya dizel yakıtlı), diğeri ise kimyasal pillerden beslenen bir elektrik motorudur. HEA, yüksek çekiş gücü ve hızlı tepkime süresini İYM ile sağlarken aynı zamanda hızlı ivmelenme ve sessiz çalışma gibi özelliklerini elektrikli motorlardan alır. Bu araçlar şarj için şebekeye bağlanamazlar. HEA'ta batarya İYM'den elde edilen elektrik gücü vasıtasıyla şarj edilir. HEA'nın ilk tasarımı hafif HEA'tır. Bu tipte kullanılan elektrik motoru küçük güçlü ve boyutludur. Çünkü elektrik motoru burada genel olarak İYM'ye çalışmasında yardımcı olmak ve performansına katkıda bulunmak amacıyla kullanılmaktadır (URL-14; İşen ve Tarlak, 2018).

Şekil 3.1 (B)'de yer alan FHEA olarak adlandırılan teknolojiye araç bataryası harici bir şarj cihazından şarj edilebilmektedir. Burada amaç araç menzilinün yükseltilmesi ve yakıtın daha ekonomik kullanılmasıdır. Bu açıdan FHEA'lar, TEA'lardan avantajlı olsa da gerek üretim maliyetinin fazla olması ve gerekse batarya yönetim sistemi için kompleks yazılımlara ihtiyaç duyulması açısından dezavantajları bulunmaktadır (İşen ve Tarlak, 2018). Genellikle FHEA'lar, geleneksel araçlardan daha az sera gazı yaymaktadırlar. FHEA'ı 120 V'luk bir ev priziyle yeniden şarj etme birkaç saat sürebilirken, 240 V'luk bir ev veya genel şarj cihazıyla şarj etmek 1 ila 4 saat sürebilir. Günümüz teknolojisi ile batarya kapasitesinin %80'ine varan hızlı şarj 30 dakika veya daha kısa sürede gerçekleştirilebilmektedir (Yong vd., 2015, URL-7). Şekil 3.1 (C)'de yer alan TEA, tamamen elektrikli bir araçtır. Benzinli motoru yoktur, ancak harici bir kaynaktan şarj edilebilen yüksek kapasiteli şarj edilebilir pil paketlerinden oluşur. TEA, elektrik motorunu ve dâhil olan tüm elektronik aksamı çalıştırmak için şarj edilebilir pillerde depolanan kimyasal enerjiyi kullanır (URL-7). Bunun dışında EA kategorisinde gösterilebilen fuel cell EA (FCEA) bulunmaktadır. FCEA, yakıt olarak hidrojen kullanır ve hidrojen depolarını doldurarak elektrik motorunun çalışması için gerekli yakıtı sağlarlar. Bu araçlarda elektrik enerjisi elektroliz işlemi ile elde edi-

lır. Yapı itibarıyla seri HEA'lara benzeyen FCEA'lar yakıt deposu olarak hidrojen tankı, İYM ve generatör yerinde yakıt pillerini kullanmaktadır (URL-6; Yong vd, 2015; URL-7).

HEA çeşitleri Şekil 3.2'de verilmiştir. Seri, paralel ve seri-paralel olmak üzere 3 konfigürasyonda HEA bulunmaktadır. Şekil 3.2 (A)'da görülen seri HEA, paralel ve seri-paralel yapıdaki HEA'lara göre nispeten daha basit bir yapısı olmakla beraber tüm tahrik gücü elektrik motorundan elde edilir. İYM burada sadece bataryaların şarj edilmesinde kullanılmakta olup yakıt ekonomisi ve en iyi verim elde edilecek şekilde işletilir. Bu konfigürasyonda tahrik için sadece elektrik motorunun kullanılması nedeniyle aktarma organına gerek yoktur (İşen ve Tarlak, 2018; Ateş, 2022). Şekil 3.2 (B)'de görülen paralel HEA'ta gerekli tahrik gücü İYM ve elektrik motorundan birlikte elde edilebildiği gibi bunlardan sadece birinin çalışmasıyla da elde edilebilir. Bu yapı hem maliyetli hem de motor güç kontrolü komplekstir (İşen ve Tarlak, 2018; Ateş, 2022). Şekil 3.2 (C)'de seri-paralel HEA yapısı görülmektedir. Bu konfigürasyonda tahrik gücü sadece elektrik motoru veya sadece İYM ile verilebildiği gibi ikisinin birlikte çalışmasıyla da verilebilmektedir. Seri ve paralel konfigürasyonların bir araya getirilmesiyle iki yapının avantajlarının birleştirilmesi ve dezavantajlarının ortadan kaldırılması hedeflenmiştir (İşen ve Tarlak, 2018; Ateş, 2022). Bu konfigürasyonlar dışında kompleks HEA olarak isimlendirilen bir yapı da bulunmaktadır. Kompleks HEA seri-paralel HEA konfigürasyonu ile benzer bir yapıya sahiptir (URL-6).

Tablo 3'te 2022 yılında piyasada olan bazı EA'lar menzil, batarya kapasitesi, azami hız, 100 km/h hızlanma süresi, motor gücü, şarj süresi ve şarj tipine göre verilmiştir (URL-16).

**Tablo 3:** 2022 Yılında Piyasada Bulunan Bazı Elektrikli Araçların Özellikleri (URL-16)

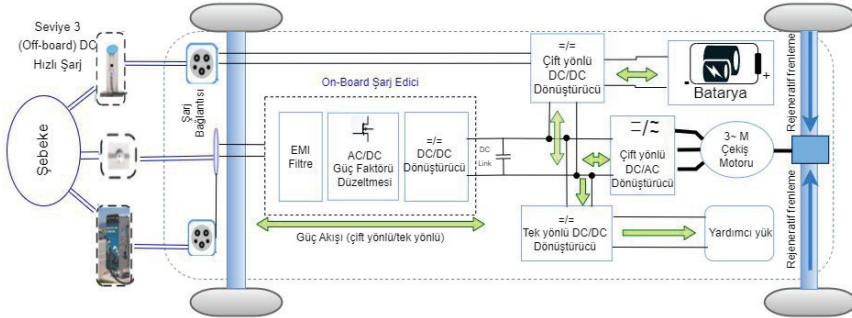
| EA MARKA           | EA MODEL                 | MENZİL<br>(KM) | BATARYA<br>KAPASİTESİ<br>(kWh) | AZAMI<br>HIZ<br>(KM/h) | 0-100 km/s<br>HIZLANMA<br>(s) | MOTOR<br>MAGÜCÜ<br>(kW) | ŞARJ SÜRESİ         |               |           |
|--------------------|--------------------------|----------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------|-----------|
|                    |                          |                |                                |                        |                               |                         | %10-80 ON<br>-BOARD | OFF<br>-BOARD |           |
| AIWAYS             | U5                       | 410            | 63                             | 150                    | 7.5                           | 150                     | 36                  | AC 11 kW      | DC 90 kW  |
| ASPAK              | OWL                      | 400            | 69                             | 400                    | 1.8                           | 1480                    | 80                  | AC 11 kW      | DC 44 kW  |
| AUDI               | E TRON GT                | 488            | 83.7                           | 245                    | 4.1                           | 390                     | 22                  | AC 11 kW      | DC 270 kW |
| AUDI               | Q4 E TRON                | 341            | 51.5                           | 160                    | 9.0                           | 125                     | 33                  | AC 7.2 kW     | DC 110 kW |
| BMW                | İ4                       | 490            | 66                             | 190                    | 6.0                           | 210                     | 31                  | AC 11 kW      | DC 180 kW |
| BMW                | İ7                       | 625            | 106                            | 240                    | 4.7                           | 400                     | 34                  | AC 11 kW      | DC 195 kW |
| CİTROEN            | E BERLİNGO               | 280            | 50                             | 130                    | 11.7                          | 100                     | 28                  | AC 11 kW      | DC 100 kW |
| CİTROEN            | E-C4 X                   | 360            | 50                             | 150                    | 9.5                           | 100                     | 28                  | AC 11 kW      | DC 100 kW |
| FİAT               | 500E                     | 190            | 23.8                           | 135                    | 9.5                           | 70                      | 26                  | AC 11 kW      | DC 50 kW  |
| FORD               | F-150                    | 386            | 108                            | 177                    | N/A                           | 337                     | 46                  | AC 11,3 kW    | DC 150 kW |
| FORD               | Mustang Mach-E           | 400            | 75.7                           | 180                    | 6.3                           | 198                     | 43                  | AC 11 kW      | DC 115 kW |
| GENESIS            | GV70                     | 455            | 77.6                           | 230                    | 4.2                           | 360                     | 18                  | AC 11 kW      | DC 230 kW |
| HONDA              | E                        | 222            | 35.5                           | 145                    | 9.0                           | 100                     | 34                  | AC 6.6 kW     | DC 50 kW  |
| HYUNDAİ            | IONİQ                    | 311            | 41                             | 165                    | 9.9                           | 100                     | 48                  | AC 7,4 kW     | DC 50 kW  |
| HYUNDAİ            | KONA                     | 305            | 42                             | 155                    | 9.9                           | 100                     | 49                  | AC 11 kW      | DC 50 kW  |
| JAGUAR             | I-PACE                   | 470            | 90                             | 200                    | 10.1                          | 294                     | 47                  | AC 11 kW      | DC 100 kW |
| KİA                | EV6                      | 394            | 58                             | 185                    | 8.5                           | 125                     | 20                  | AC 11 kW      | DC 175 kW |
| LEXUS              | RZ 450E                  | 400            | 71.4                           | 160                    | 5.6                           | 230                     | 31                  | AC 11 kW      | DC 150 kW |
| LİGHTYEAR          | 0                        | 625            | 63                             | 160                    | 10.0                          | 130                     | 44                  | AC 22 kW      | DC 75 kW  |
| LOTUS              | ELETRE                   | 600            | 112                            | N/A                    | 4.5                           | 450                     | 26                  | AC 22 kW      | DC 250 kW |
| LUCİD              | AİR                      | 635            | 88                             | 200                    | 4.2                           | 358                     | 30                  | AC 19,2 kW    | DC 200 kW |
| MASERATİ           | GRANTOURİSMO             | N/A            | 72                             | 320                    | 2.7                           | 560                     | 18                  | AC 22 kW      | DC 270 kW |
| MERCEDES -<br>BENZ | EQC                      | 462            | 86                             | 180                    | 5.1                           | 300                     | 38                  | AC 11 kW      | DC 110 kW |
| MERCEDES -<br>BENZ | EQS                      | 609            | 96                             | 210                    | 6.6                           | 215                     | 30                  | AC 22 kW      | DC 175 kW |
| MERCEDES -<br>BENZ | EQE                      | 639            | 96                             | 210                    | 7.3                           | 180                     | 29                  | AC 22 kW      | DC 175 kW |
| NİSSAN             | ARİYA                    | 403            | 65                             | 160                    | 7.5                           | 160                     | 31                  | AC 22 kW      | DC 130 kW |
| NİSSAN             | LEAF                     | 285            | 40                             | 144                    | 7.9                           | 110                     | 40                  | AC 6.6 kW     | DC 50 kW  |
| PEUGEOT            | E-2008                   | 341            | 50                             | 150                    | 9.0                           | 100                     | 33                  | AC 11 kW      | DC 100 kW |
| PEUGEOT            | E-208                    | 362            | 50                             | 150                    | 8.3                           | 100                     | 33                  | AC 11 kW      | DC 100 kW |
| PORSCHİ            | TAYCAN SPORT<br>TOURİSMO | 492            | 93.3                           | 230                    | 5.4                           | 350                     | 19                  | AC 22 kW      | DC 270 kW |
| RENAULT            | ZOE                      | 395            | 55                             | 135                    | 11.4                          | 80                      | 58                  | AC 22 kW      | DC 50 kW  |
| TESLA              | MODEL S                  | 652            | 100                            | 250                    | 3.2                           | 500                     | 27                  | AC 16,5 kW    | DC 250 kW |
| TESLA              | MODEL Y                  | 455            | 60                             | 217                    | 6.9                           | 220                     | 33                  | AC 11 kW      | DC 175 kW |
| VOLKSWAGEN         | ID5                      | 512            | 82                             | 160                    | 10.4                          | 128                     | 33                  | AC 11 kW      | DC 130 kW |
| VOLVO              | XC40 RECHARGE            | 423            | 69                             | 160                    | 7.4                           | 170                     | 33                  | AC 11 kW      | DC 150 kW |



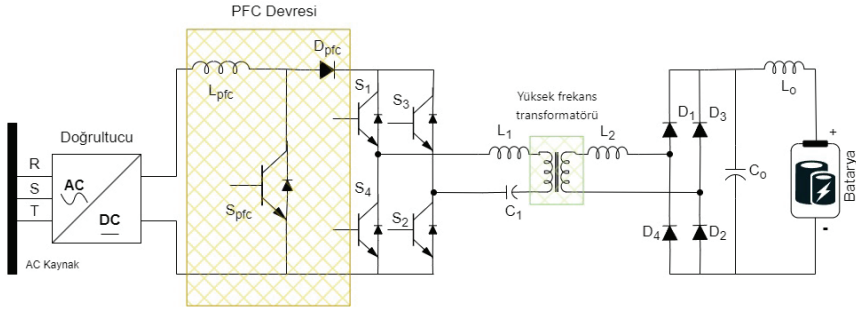
## EA ŞARJ SİSTEMİ TOPOLOJİLERİ

EA'ların bataryalarının şarj edilmesinde kullanılan dönüştürücüler bu araçların gelişmesi ve yaygınlaşması açısından en önemli kısımlarından biridir. Çünkü kullanılan dönüştürücü yapılarının özellikleri batarya ömrünü ve şarj süresini etkiler. EA'larda batarya tasarımı yapılırken verimliliğin yüksek olmasına, maliyetin düşük olmasına, şebekeye fazla yük olmamasına ve kayıplarının az olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Şarjın on-board veya off-board yapılmasına göre batarya topolojileri değişiklik göstermektedir (Goel vd., 2021; Türksoy vd., 2018). Bununla beraber araçta var olan motor sürücü devresi kullanılarak geliştirilen yüksek güç entegre on-board şarj sistemleri de bulunmaktadır. Şekil 4'te EA güç katı ve on-board ve off-board genel şarj yapısı verilmektedir. Literatür incelendiğinde on-board ve off-board şarj durumları için EA'larda kullanılmak üzere tek veya iki evreli şarj cihazları tasarımı yapılmıştır (Türksoy vd., 2018). Geleneksel EA şarj topolojileri tek evreli ön uç AC-DC dönüştürücüye sahiptir. EA'lar hızlı DC şarj için ise arka uç DC-DC dönüştürücü içermektedirler. Güç değeri yükseldikçe tek evreli şarj topolojisi donanım bakımından yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle yüksek güç değerlerinde iki evreli şarj topolojileri daha uygun olmaktadır (Türksoy vd., 2018). Güç akışının tek veya iki yönlü olmasına göre şarj topolojileri tek yönlü ve iki yönlü şarj topolojileri olarak ikiye ayrılabilir. Eğer bir şarj devresinde sadece EA'a doğru güç akışı varsa, şarj edici devre tek yönlü şarj edici olarak isimlendirilir. Eğer şarj edici devre, iki yönlü güç akışına ve dolayısıyla V2G uygulamalarına olanak tanıyorsa bu şarj ediciye çift yönlü şarj edici denmektedir (Habip ve vd., 2018). Tek ve iki yönlü şarj edici devreler izolesiz olanlar ve izoleli olanlar şeklinde ikiye ayrılabilir. İzole olan şarj edici devreler düşük ve orta güçlü EA için uygun olmakla beraber izolesiz şarj edici devreler orta ve yüksek güç EA uygulamaları için uygundur. Şekil 4'te on-board şarj edici genel yapısı görülmektedir. Şekil 5'te tek yönlü şarj ediciye bir örnek verilmektedir (Habip vd., 2018; Lu vd., 2017; Yılmaz ve Krein, 2013). Bu devre tek yönlü tam köprü seri rezonant dönüştürücü devresidir. Görüldüğü gibi tipik bir tek yönlü şarj edici, güç faktörü düzeltme (GFD, PFC) devresine sahip bir doğrultucu içermektedir (Lu vd., 2017; Khalid vd., 2022). Bu şarj edici devrede akımın faz açısının kontrol edilmesiyle akım tek yönlü olsa bile şebekenin yerel reaktif gücünü kontrol etme olanağı vardır (Khalid vd., 2022). Şekil 6'da ise çift yönlü şarj edici iki devre gösterilmektedir. Şekil 6 (a)'da ki izolesiz çift yönlü şarj edici devrede ilk kısımda şebeke güç faktörünü kontrol etmek için AC-DC çift yönlü bir dönüştürücü, ikinci kısımda ise batarya şarjı için çıkış akım ve gerilim parametrelerini kontrol etmek amacıyla DC-DC çift yönlü dönüştürücü yer almaktadır. Burada yer alan DC-DC dönüştürücü batarya şarjı amacıyla gerilim seviyesini düşürür-

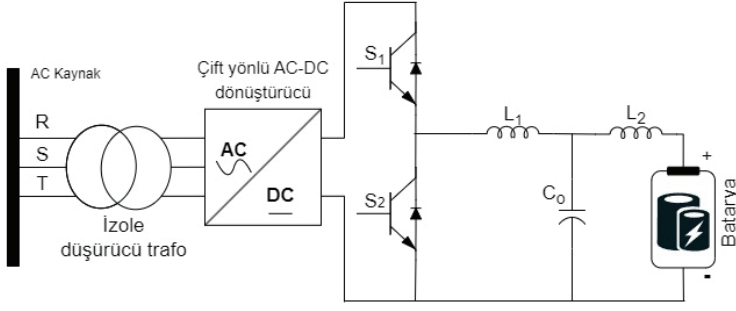
ken, şebekeye güç transferi sırasında ise gerilimi seviyesini evirici için artırır. Şekil 6 (b)'de ise çift yönlü izoleli dual aktif köprü şarj edici devresi yer almaktadır (Yılmaz ve Krein, 2013). Günümüzde, iki evreli çift yönlü güç aktarımına imkân veren EA şarj cihazlarının kullanımı dikkat çekmektedir. Bu yöntemle EA'lar mobil enerji kaynağı olarak kullanılabilme avantajına sahip olmaktadır. Bu iki yönlü enerji aktarımını gerçekleştirmek için gelişmiş kontrol sistemlerine sahip, akıllı ve karmaşık dönüştürücü yapıları gerekmektedir (Habte, 2020). Şekil 7'de EA'larda kullanılan dönüştürücü tiplerinin sınıflandırmasına yönelik bir diyagram gösterilmektedir.



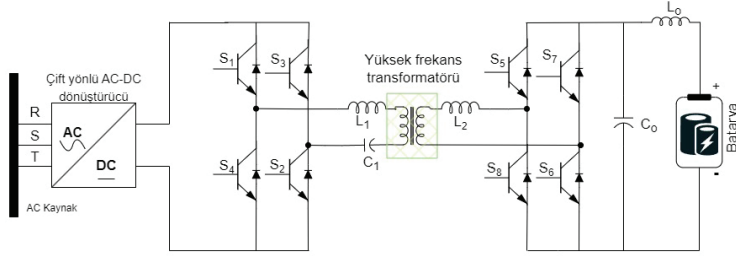
Şekil 4 : EA Güç Katı ve Şarj Topolojisi (Türksoy vd., 2018; Yılmaz ve Krein, 2013).



Şekil 5: Tek Yönlü Tam Köprü Seri Rezonant Dönüştürücü Şarj Edici (Khalid vd., 2022; Yılmaz ve Krein, 2013).

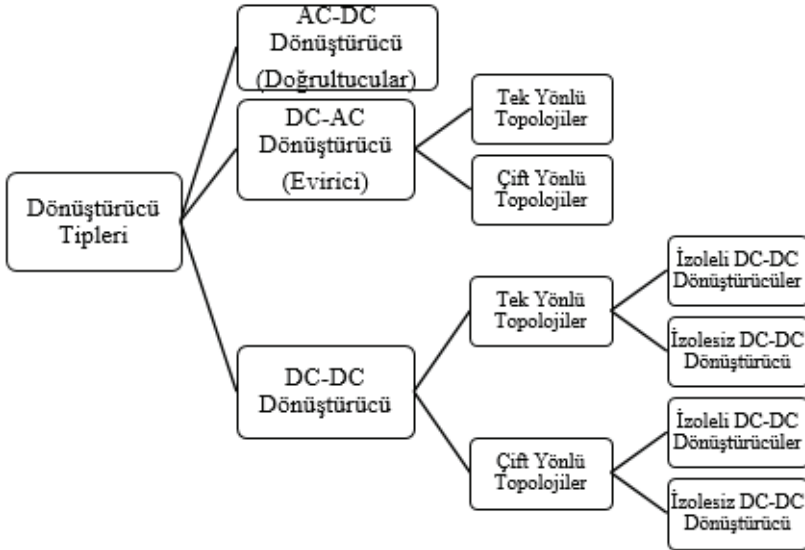


(a)



(b)

**Şekil 6:** (a) Çift Yönlü İzolesiz iki bölge Şarj Edici (b) Çift Yönlü İzoleli Dual Aktif Köprü Şarj Edici (Khalid vd., 2022; Yılmaz ve Krein, 2013).



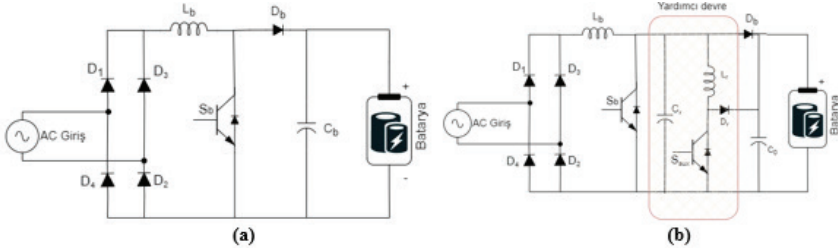
**Şekil 7:** Şarj Topolojisinde Kullanılan Dönüştürücü Çeşitlerinin Genel Sınıflandırması

## EA'larda Kullanılan İzolesiz DC-DC Dönüştürücü Çeşitleri

İzolesiz DC-DC dönüştürücüler, EA'ların orta ve yüksek güç uygulamalarında basit yapısı, yüksek güç yoğunluğu ve denetim kolaylığı nedeniyle tercih edilir (Khalid vd., 2022; Patel vd., 2022). Geleneksel DC-DC boost dönüştürücüler ve interleaved (aralıklı) DC-DC dönüştürücüler, yüksek güç değerlerinde en sık kullanılan izolesiz DC-DC dönüştürücülerdir. Kesintisiz Güç Kaynakları (KGK) ve HEA'lar genellikle bu mimariyi kullanmaktadır. Devrenin tasarımı, batarya grubunun şarj ve deşarj edilmesini kolaylaştırmaktadır (Patel vd., 2022).

### Geleneksel DC-DC Boost Dönüştürücü

Şekil 8 (a)'da geleneksel boost dönüştürücü yapısı gösterilmektedir. Basit tasarımı ve kolay denetimi nedeniyle bu topoloji genellikle GFD uygulamalarında kullanılır. Çıkış geriliminin tek polariteli olması, devre yapısının basit olması ve düşük maliyetli olması bu topolojiyi EA ve FHEA şarj devreleri için oldukça uygun bir seçenek yapmıştır. Ancak yüksek güç değerlerinde çıkış gerilimindeki dalgalanmayı azaltmak için büyük kapasitör ve büyük indüktör değerlerine ihtiyaç duyması gibi bazı sınırlamaları bulunmaktadır (Khalid vd., 2022). Ayrıca yüksek güç değerlerinde akım ve gerilimin kontrolü ve ölçümü zorlaşmaktadır. Bununla beraber geleneksel yapının anahtarlama kayıpları, anahtarın sıfır olmayan akım ve gerilim durumunda açılıp kapanması sebebiyle yüksektir. Bu sorunları ortadan kaldırmak için Şekil 8 (b)'de görülen rezonant dönüştürücü GFD devresi eklenerek dönüştürücünün yumuşak anahtarlanması hedeflenmiştir (Khalid vd., 2022, Aksoy vd., 2010).

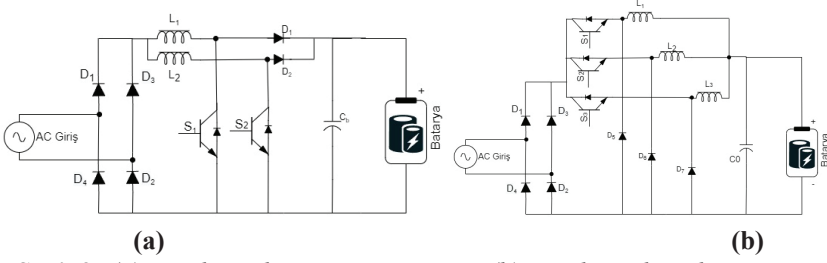


Şekil 8: (a) Geleneksel Boost Dönüştürücü (b) Rezonant GFD Boost Dönüştürücü Topolojisi (Khalid vd., 2022)

### Interleaved (Aralıklı) Boost Dönüştürücü

Interleaved boost dönüştürücü (IBD), geleneksel boost dönüştürücünün yüksek güç değerlerindeki dezavantaj ve sınırlamalarını aşmak ve performansı geliştirmek için ortaya konan devre yapılarından biridir. Şekil 9 (a)'da görülen bu devre yapısında iki anahtarın çalışmasında 180 derece faz farkı bulunan paralel iki boost dönüştürücü kullanılmaktadır. Eğer interleaved dönüştürücü

n kanallı olarak yapılırsa bu faz kayması dönüştürücü anahtarlarına tekdüze bölünebilir. Böylece giriş akım dalgalanması azaltılabilir ve çıkış gerilim dalgalanması ortadan kaldırabilir (Khalid vd., 2022; Wu vd., 2016). Bu topoloji General Motors firması tarafından EA'larda Volt aracının on-board şarj edici devrelerinde kullanılmaktadır (Rivera vd., 2021).



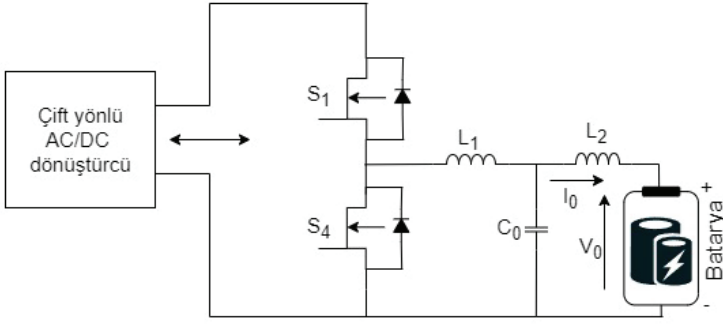
Şekil 9: (a) Interleaved Boost Dönüştürücü (b) Interleaved Buck Dönüştürücü (Khalid vd., 2022)

### Interleaved DC-DC Buck Dönüştürücü

Şarj edici devrelerde DC bara gerilimi genellikle batarya gerilim aralığından büyüktür. Bu nedenle tek fazlı buck dönüştürücü bataryaları şarj etmek için kullanılabilir. Ancak buck dönüştürücü yüksek akım uygulamalarında indüktör akım dalgalanmalarını minimize etmek için dönüştürücü maliyetini ve boyutunu artıran büyük değerli bir indüktöre ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle Şekil 9 (b)'de gösterilen çok fazlı interleaved buck dönüştürücü kullanılarak değişik değerli indüktörler yoluyla dönüştürücü verimi artırılabilir. Dönüştürücü çok faz modüllerinden akımı paylaşır (Kattel vd., 2020; Yodwong, 2019; Khalid vd., 2022).

### İzolesiz İki Bölgeci Buck-Boost Dönüştürücü

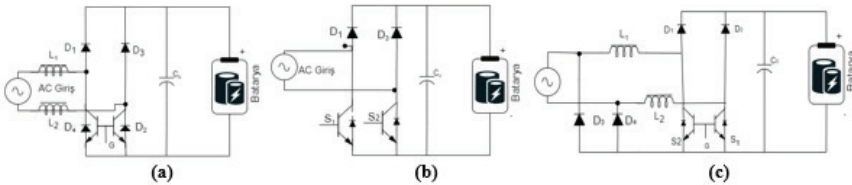
Şekil 10'da izolesiz çift yönlü iki bölgeci buck-boost dönüştürücü topolojisi gösterilmektedir. Bu topolojide batarya şebekeden şarj edildiği gibi bataryadaki enerji de V2G prensibi ile şebekeye geri enjekte edilebilir. Şekilden görüldüğü gibi topoloji sadece iki anahtar içermesi nedeniyle sistemin denetimi kolaydır. Batarya şarj edilirken sistem Buck dönüştürücü olarak çalışırken batarya deşarj edilirken ise sistem Boost dönüştürücü olarak çalışmaktadır. Ancak topolojide bulunan iki yüksek akım indüktörü pahalı ve ağır olabilmektedir (Yılmaz ve Krein, 2013). Bu topoloji Hyundai firması tarafından on-board şarj edicilerde kullanılmaktadır. Burada amaç çift yönlü on-board şarj edicilerin vehicle to device (araçtan cihaza, V2D) uygulamalarını desteklemesidir (Rivera vd., 2021; Kim vd., 2018).



**Şekil 10:** Çift Yönlü İki Bölgeci Buck-Boost Dönüştürücü (Yılmaz ve Krein, 2013)

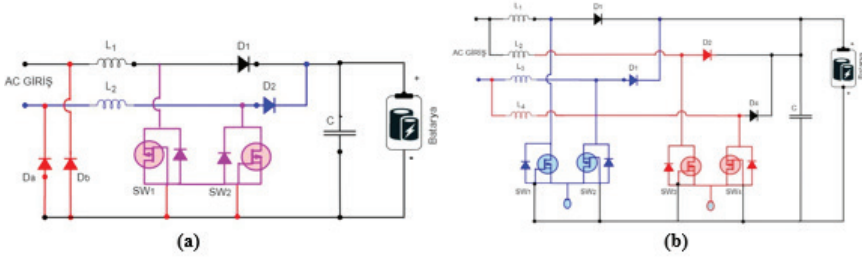
### Köprüsüz ve Yarı Köprüsüz Boost Dönüştürücü

Köprüsüz boost dönüştürücü geleneksel ve interleaved boost dönüştürücü devresinde yer alan köprü diyot doğrultucuyu içermez. Bu nedenle giriş diyot devresinden kaynaklanan ısı sorunu gibi sorunlar ortadan kaldırılmış olur. Şekil 11 (a) dan görüldüğü gibi köprüsüz boost dönüştürücü devresinde anahtarlar birbirine bağlıdır (Khalid vd., 2022; Hu vd., 2019). Bu devrenin dezavantajı giriş gürültüsünün fazla olması ve giriş geriliminin algılanma zorluğudur. Şekil 11 (b)'de köprüsüz boost dönüştürücünün bazı sorunlarını elimine eden dual boost dönüştürücü yapısı gösterilmektedir. Bu yapıda anahtarlar birbirinden ayrılmıştır. Ancak giriş gerilimi ile ilgili algılama sorunu bu devrede de bulunmaktadır (Khalid vd., 2022; Khan vd., 2020). Literatürde şekil 11 (c)'de yer alan yarı köprüsüz boost dönüştürücü devresinde rezistans yöntemi ve hall etkili sensör kullanılarak gerilim ve akım algılama işlemi hızlıca yerine getirilebilmektedir (Khalid vd., 2022; Karpagavalli, 2017). EA ve FHEA uygulamalarında geleneksel boost dönüştürücü anahtarlama güç kaybı sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu sorunu çözmek amacıyla yumuşak anahtarlama tekniğinin kullanıldığı daha önceki kısımlarda ifade edilmişti. Bu yöntemle anahtarlama kayıplarının azaltılması bu topolojinin yüksek anahtarlama frekansında çalışmasına olanak tanırken dönüştürücü boyutu ve soğutma gereksinimi azalır (Khalid vd., 2022; Karpagavalli, 2017).



**Şekil 11:** (a) Köprüsüz Boost Dönüştürücü (b) Dual Boost Dönüştürücü (c) Yarı köprüsüz boost dönüştürücü (Khalid vd., 2022)

Şekil 12 (a) ve (b)'de köprüsüz ve yarı köprüsüz topolojilerin hibrit modelleri gösterilmektedir (Musavi vd., 2013; Musavi vd., 2011). Şekil 12 (a)'da yer alan köprüsüz aralıklı boost topolojisinde köprü doğrultucu bulunmamaktadır. Bu topolojide akım dalgalanması daha az olup indüktör boyutunda daha küçük olabilmektedir. Şekil 12 (b)'de yer alan faz kaydırmalı yarı köprüsüz boost topolojisinde giriş akımındaki dalgalanma daha azdır. Ayrıca elektromanyetik girişim filtresi boyutu da bu topolojide daha azdır (Musavi vd., 2013; Musavi vd., 2011).



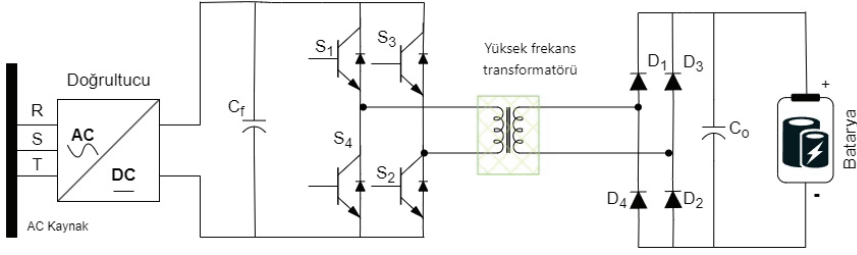
**Şekil 12:** (a) Köprüsüz Aralıklı Boost Topolojisi (b) Faz Kaydırmalı Yarı Köprüsüz Boost Topolojisi (Musavi vd., 2013; Musavi vd., 2011).

### EA'larda Kullanılan İzoleli DC-DC Dönüştürücü Çeşitleri

İzoleli DC-DC dönüştürücüler genellikle düşük ve orta güç EA uygulamalarında kullanılırlar. Genel olarak izole DC-DC dönüştürücüler DC-AC-DC olmak üzere üç aşamaya sahiptir (Khalid vd., 2022). Bir DC-DC dönüştürücünün girişi ve çıkışı arasındaki elektriksel ayırım, izole olarak adlandırılır. Giriş voltajını daha yüksek değerlere yükseltmek için ara AC bölümünde bir yüksek frekanslı transformatör (YFT) kullanılır. YFT, galvanik izolasyon oluşturarak büyük bir gerilim kazancı sağlamaktadır (Patel, 2022). EA şarj uygulamalarında en çok tam köprü izole DC-DC dönüştürücü kullanılır (Khalid vd., 2022; Rivera vd., 2021).

### Geleneksel Tam Köprü Dönüştürücü

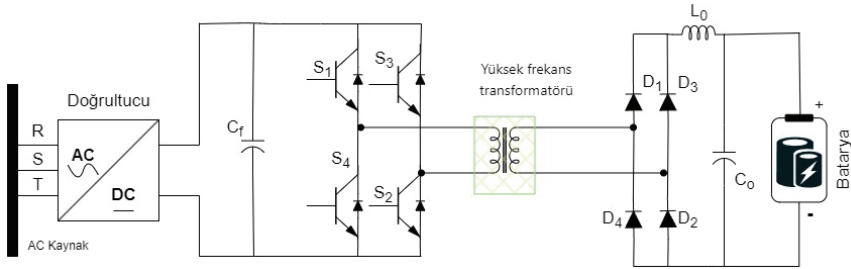
Şekil 13'te izoleli tam köprü dönüştürücü topolojisi gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi ilk aşamada DC-AC dönüşümü gerçekleştirilmekte daha sonra ise gerilim YFT ile yükseltilmekte sonra ki aşamada ise AC-DC dönüşümü yapılmaktadır (Brenna vd., 2020; Yılmaz ve Krein, 2013).



Şekil 13: İzoleli Tam Köprü Dönüştürücü (Khalid vd., 2022)

### Tam Köprü LLC Rezonant Dönüştürücü

Şekil 14’te gösterilen LLC rezonant dönüştürücü EA şarj edici devrelerinde ticari olarak ta kullanılan bir topolojidir. Bu topoloji gerilim ya da akım kaynağı olarak olarak dikkate alınabilir. Ayrıca yüksek gerilimlerde çok verimli çalışabilir ve ana anahtarlar için geniş aralıklı sıfır gerilim anahtarlama (SGA) sunar. Tam köprü LLC rezonant dönüştürücü bataryaları sabit akım ve sabit gerilim yöntemleri ile şarj etmek amacıyla frekans modülasyonu ve faz kaydırma modülasyonu gibi kontrol tekniklerini kullanmaktadır (Khalid Vd., 2022; Shen vd., 2018; Vu vd., 2018). Bu topoloji EA’larda General Motors firmasının Volt modelinde ve Tesla firmasının Model 3/Y modelinde on-board şarj edici devrelerinde kullanılmaktadır (Rivera vd., 2021).

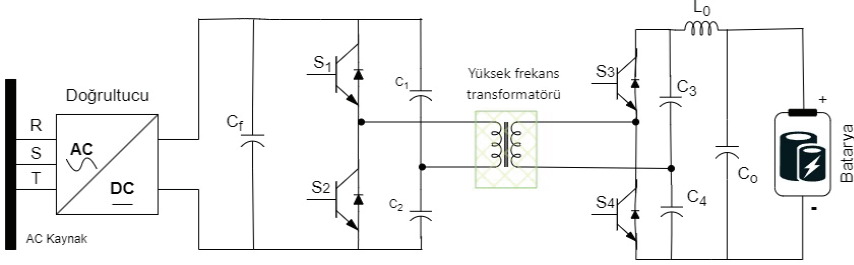


Şekil 14: Tam Köprü LLC Rezonant Dönüştürücü (Khalid vd., 2022)

### Sıfır Gerilim Anahtarlama (SGA) Çift Yarım Köprü PWM Dönüştürücü

Şekil 15’te izoleli yarım köprü dönüştürücü topolojisi gösterilmektedir. Bu topoloji basit yapısı, kolay denetimi, ek donanım olmadan yumuşak anahtarlama yapabilmesi ve geleneksel tam köprü boost dönüştürücülerden daha yüksek verimlilik özellikleri sunmaktadır. Diğer köprü dönüştürücülere göre yüksek güç yoğunluğu olduğu için donanım boyutları azalmaktadır (Khalid Vd., 2022; Zhang vd., 2020).

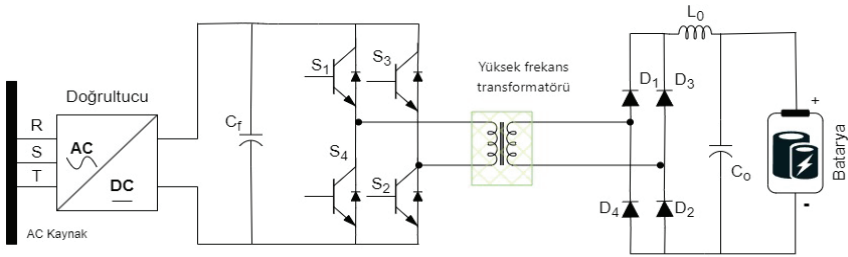




Şekil 15: İzoleli SGA Yarım Köprü PWM Dönüştürücü (Khalid vd., 2022; Zhang vd., 2020).

### İzoleli Faz Kaydırmalı Tam Köprü Dönüştürücü

Şekil 16’da faz kaydırmalı tam köprü dönüştürücü topolojisi gösterilmektedir. Bu topoloji yüksek güç uygulamalarında sıklıkla kullanılan bir dönüştürücü yapısı olup ek donanım olmadan SGA özelliklerine sahiptir. Geleneksel tam köprü dönüştürücülerle kıyaslandığında toplam dönüştürme verimi daha iyidir. Primer taraftaki anahtarlara yumuşak anahtarlama uygulanabilmesi, kolay denetim ve cihazlarda akım stresinin az olması avantajlarındandır. Dezavantajı, primer tarafındaki sirkülasyon akımının neden olduğu yüksek iletim kayıpları ve verimsiz güç transferinin neden olduğu görev periyodu kayıplarıdır (Khalid Vd., 2022; Zhang vd., 2020; Mira vd., 2017). Bu topoloji Tesla firmasının şarj istasyonlarında yer alan Tesla V2 off-board şarj edici devrelerde kullanılmaktadır. Tesla’nın bu şarj istasyonlarında bir araç %92 verim ile 150kW güce kadar şarj edilebilmektedir (Rivera vd., 2021).

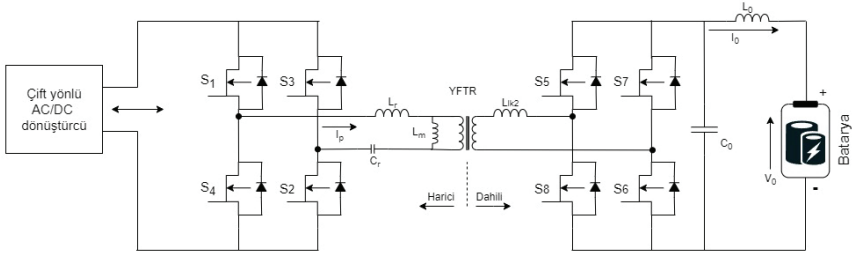


Şekil 16: İzoleli Faz Kaydırmalı Tam Köprü Dönüştürücü (Khalid vd., 2022)

### İzoleli Dual Aktif Köprü Dönüştürücü

Şekil 17’de dual aktif köprü dönüştürücü devresi gösterilmektedir. Bu topoloji EA’larda en çok kullanılan çift yönlü şarj topolojilerinden birisidir. Bu yapı yüksek güç yoğunluğu ve hızlı kontrol avantajları bulunmasına rağmen maliyeti etkileyen çok sayıda devre bileşeni içermektedir

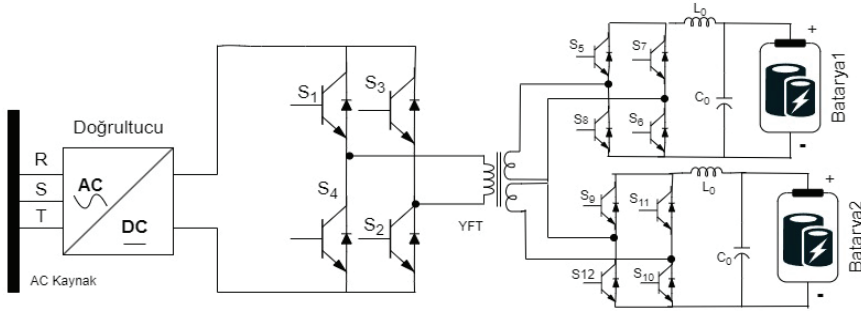
(Yılmaz ve Krein, 2013). Hyundai firması dual aktif köprü dönüştürücü içeren on-board şarj edici devresinin patentini almıştır (Kim vd., 2018; Rivera vd., 2021).



Şekil 17: İzoleli Dual Aktif Köprü Dönüştürücü (Yılmaz ve Krein, 2013).

### İzoleli Çok Portlu Dönüştürücü Topolojisi

Şekil 18’de gösterilen çok portlu (multiport) DC-DC dönüştürücü yük ve kaynak arasında çok girişler veya çıkışlar istenmesi durumunda kullanılmak üzere bir çözüm sunmaktadır. Bu topoloji tek giriş-çok çıkış, çok giriş-çok çıkış olabilir. Şekil 18’de görüldüğü gibi tek giriş çok çıkış çok portlu dönüştürücü çok sargılı izoleli bir transformatör ile kullanılabilir. Bu yapıda interleaving tekniği giriş kaynaklarının bağlanması ve giriş akım ve çıkış gerilim dalgalanmalarının minimize edilmesi için kullanılabilir (İrfan vd., 2018; Karanayıl vd., 2017; Lipu vd., 2021; Khalid Vd., 2022).



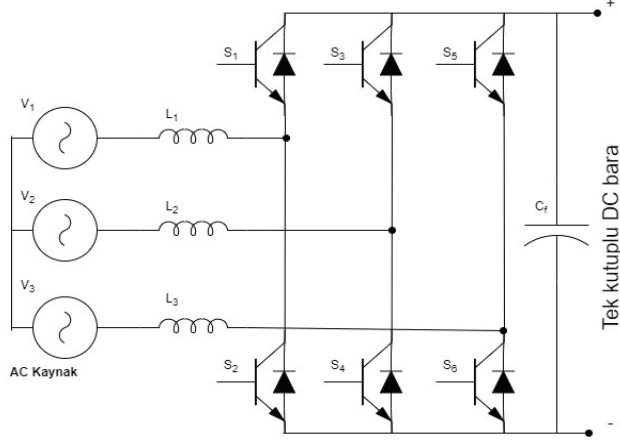
Şekil 18: Tek Giriş Çok Çıkışlı İzoleli Çok Portlu (Multiport) Şarj Edici (Khalid vd., 2022; Lipu vd., 2021)

### AC-DC Dönüştürücü Topolojileri

#### Üç Fazlı Köprüsüz Boost Dönüştürücü

Şekil 19’da üç fazlı köprüsüz boost dönüştürücü gösterilmektedir. Tek fazlı köprüsüz boost dönüştürücüye göre güç yeteneğinin artması, anah-

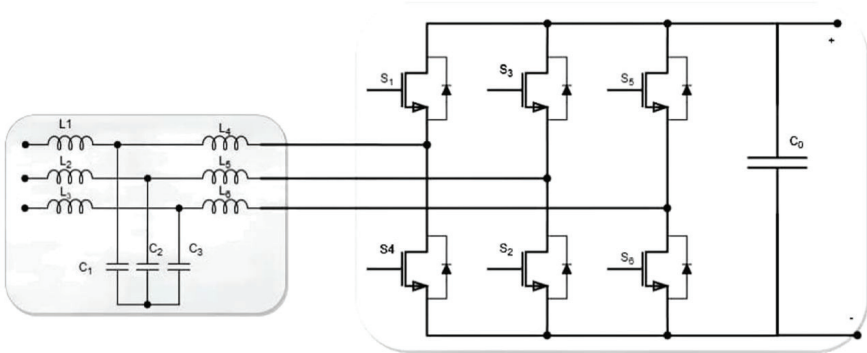
tarların stresinin azalması ve filtre boyutunun azalması gibi avantajları bulunmaktadır. Dönüştürücünün kayıplarını ve boyutunu azaltmak için SPWM, kayma kipli kontrol, histeresis kontrol ve SVPWM gibi birçok kontrol yöntemi kullanılmaktadır (Khalid vd., 2022; Seixas vd., 2017).



**Şekil 19:** Tek Yönlü DC Bara İçin Üç Fazlı Köprüsüz Boost Dönüştürücü Devresi (Khalid vd., 2022)

### Üç Fazlı LCL Aktif Doğrultucu

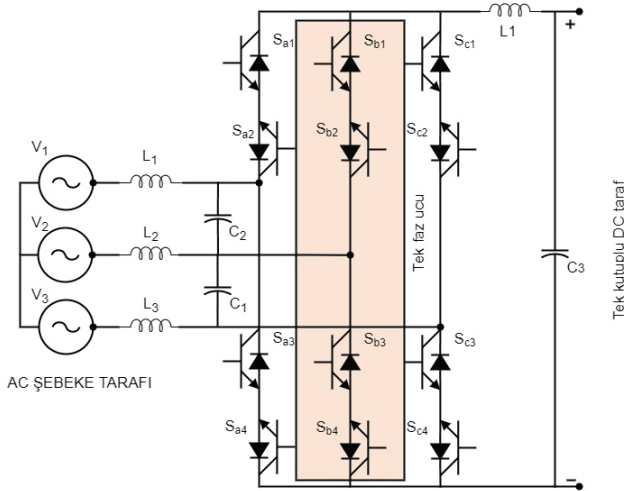
Şekil 20’de en çok kullanılan çift yönlü AC/DC dönüştürücülerden biri olan üç fazlı aktif doğrultucu gösterilmektedir. Bu topolojinin avantajı düşük harmonik giriş akımları, çift yönlü güç akışı ve güç faktörü düzenlemesidir. Bu topoloji ABB firmasının Terra isimli 150 kW off-board şarj edici devrelerinde kullanılmaktadır (Rivera vd., 2021).



**Şekil 20:** Üç Fazlı LCL Aktif Doğrultucu (Brenna vd., 2020)

## Matris Dönüştürücü Topolojisi

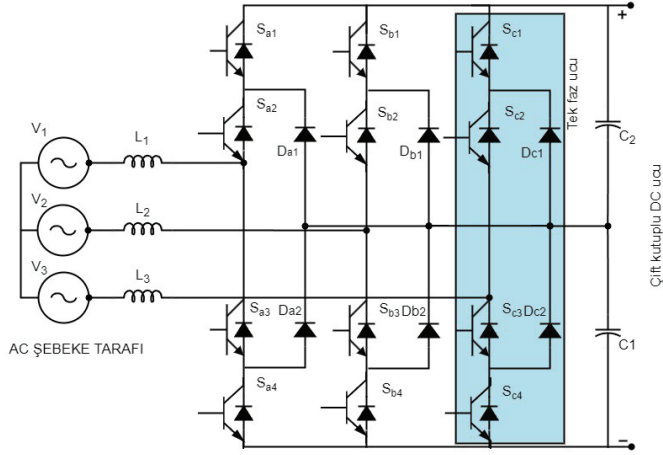
Matris dönüştürücüler ilk önce AC-AC dönüştürücü olarak tasarlandılar, daha sonra ise AC-DC dönüştürücü topolojisi olarak kullanım alanı genişletildi. Bu topoloji direkt ve indirekt matris dönüştürücü olarak ikiye ayrılır. EA için kullanılan AC-DC matris dönüştürücü özelliklerinin ve avantajlarının büyük bir kısmını indirekt matris dönüştürücüden alır. En önemli özellikleri çift yönlü dönüşüm, enerji depolama bileşenlerinin elimine edilmesi, giriş güç faktörünün tam kontrolü ve kayıpların az olmasıdır. Bu özellikleri sebebiyle günümüzde ticari EA şarj devrelerinde kullanılmaktadırlar. Şekil 21’de görülen AC-DC matris dönüştürücü çift yönlü anahtarlar kullanması dışında yapı olarak gerilim kaynaklı köprü tipi dönüştürücüye benzemektedir (Khalid vd., 2022; Saha vd., 2019; Ghoni vd., 2011). Bu topoloji Hella electronics tarafından on-board şarj edici devresinde %98 verimlilikle tek faz için 7.2 kW güç ile uygulanmıştır (Rivera vd., 2021).



Şekil 21: AC-DC Matris Dönüştürücü (Khalid vd., 2022)

## Üç Fazlı Üç Seviyeli Diyot Kenetlemeli Dönüştürücü

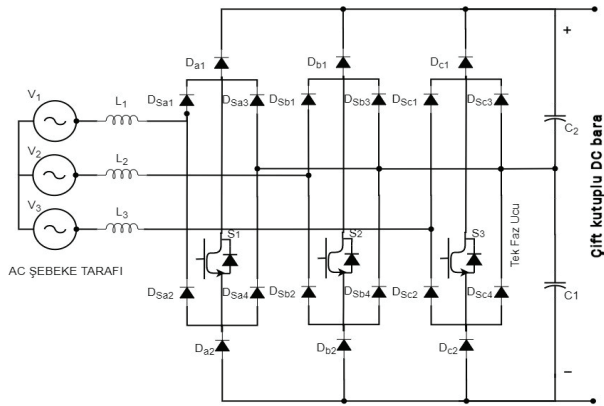
Şekil 22’de diyot kenetlemeli dönüştürücünün yapısı gösterilmektedir. Temel iki seviyeli dönüştürücü yapısı dikkate alındığında üç seviyeli dönüştürücü yapısı daha fazla bileşen içermesine ve daha karmaşık yapıda olmasına rağmen iyileştirilmiş gerilim davranışı, küçük boyutlu filtre gereksinimi, düşük gürültü ve daha az elektromanyetik girişim gibi avantajlara sahiptir. Ayrıca diğer üç seviyeli AC-DC dönüştürücüler dikkate alındığında yüksek güvenilirlik, güvenlik ve düşük harmonik spektrumu gibi üstünlükleri vardır (Khalid Vd., 2022; Zhang vd., 2020; Habte, 2020).



Şekil 22: Üç Fazlı Üç Seviyeli DKE Dönüştürücü (Khalid vd., 2022)

### Üç Fazlı Vienna Doğrultucusu

Şekil 23'te üç fazlı Vienna doğrultucu yapısı gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi yapısında birkaç adet aktif anahtar bulunmaktadır. Daha önce ifade edilen köprüsüz boost dönüştürücüyle benzer prensiplerde çalışır. Yüksek verimlilik ve anahtarlarında düşük gerilim stresi gibi avantajları bulunmaktadır. Kısıtlı reaktif güç kontrolü ve dc link kapasitör dengeleme gereksinimi dezavantajlarındandır (Brenna vd., 2020). Vienna doğrultucu yüksek frekanslı PWM ile kontrol edilir. Nötr noktasının ke-netlemeli olması EA'larda hızlı şarj eden DC bara uygulaması için favori bir seçenek oluşturmaktadır (Khalid vd., 2022; Li vd., 2018). Tek yönlü şarj devrelerinde kullanılmaktadır. Bu topoloji Porsche firması tarafından off-board hızlı şarj edici devresinde kullanılmaktadır (Rivera vd., 2021).



Şekil 23: Üç fazlı Vienna doğrultucu topolojisi (Khalid Vd., 2022; Brenna vd., 2020)

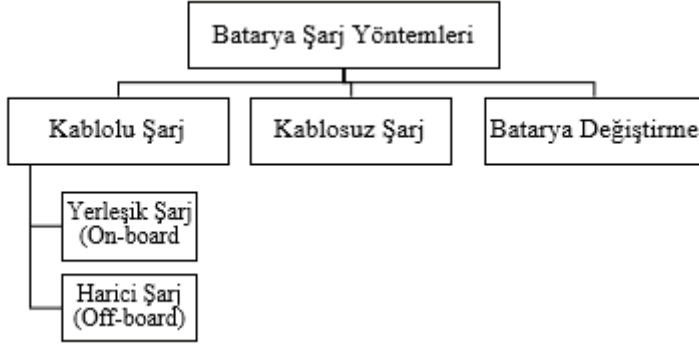
**Tablo 4:** EA Dönüştürücü Topolojilerinin Şarj Sistemleri Açısından Değerlendirilmesi

| Devre tipi                    | Dönüştürücü topolojisi                         | Şarj yönü  | Kullanıldığı şarj sistemi | Kullanıldığı sistem | Ticari /Patentli-Uygulama/ Araştırma                                         |
|-------------------------------|------------------------------------------------|------------|---------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| İzolesiz DC-DC Dönüştürücüler | Geleneksel Boost Dönüştürücü                   | Tek yönlü  | On-board/ Off-board       | Tek faz/Üç faz      | Tesla V2 Super charger, Model S (150 kW) (Srdic ve Lukic,2019; Krauer ,2015) |
|                               | Interleaved Boost Dönüştürücü                  | Tek yönlü  | On-board/ Off-board       | Tek faz/Üç faz      | General Motors, Chevrolet Volt, 3.6 kW (Cesiel ve Zhu, 2017)                 |
|                               | Interleaved Buck Dönüştürücü                   | Tek yönlü  | On-board                  | Tek faz             | (Phimphui ve Supatti, 2019)                                                  |
|                               | Buck-Boost Dönüştürücü                         | Çift yönlü | On-board                  | Tek faz             | Hyundai On-board şarj edici konsepti (Bai vd., 2016)                         |
|                               | Köprüsüz Boost Dönüştürücü                     | Tek yönlü  | On-board                  | Tek faz             | (Merlin vd., 2021)                                                           |
|                               | Faz kaydırmalı yarı köprüsüz boost dönüştürücü | Tek yönlü  | On-board                  | Tek faz             | (Musavi vd., 2011)                                                           |
| İzole DC-DC Dönüştürücüler    | Geleneksel Tam Köprü Dönüştürücü               | Tek Yönlü  | On-board                  | Üç faz              | (Vu ve Choi, 2018)                                                           |
|                               | Tam Köprü Rezonant Dönüştürücü                 | Tek yönlü  | On-board                  | Tek faz/Üç faz      | General Motors, Chevrolet Volt, Tesla (Rivera vd., 2021)                     |
|                               | ZVS PWM Dönüştürücü (Dual yarım köprü)         | Tek yönlü  | On-board                  | Üç faz              | (Mao vd., 2004)                                                              |
|                               | Faz Kaydırmalı Tam Köprü Dönüştürücü           | Tek yönlü  | Off-board                 | Üç faz              | Tesla V2 Supercharger, Model S (150 kW) (Rivera vd., 2021; Krauer ,2015)     |
|                               | Dual aktif köprü dönüştürücü                   | Çift yönlü | On-board                  | Tek faz             | Hyundai On-Board şarj edici konsepti (Kim vd., 2018)                         |
|                               | Multiport izolesiz Dönüştürücü                 | Tek yönlü  | On-board                  | Üç faz              | (Karanayil vd., 2017)                                                        |
| AC-DC Dönüştürücüler          | Üç fazlı köprüsüz Boost Dönüştürücü            | Tek yönlü  | On-board                  | Üç faz              | (Morais vd., 2017)                                                           |
|                               | Üç faz LCL aktif doğrultucu                    | Çift yönlü | On-board/ Off-board       | Üç faz              | ABB Terra HP 150 kW charger (Rivera vd., 2021)                               |
|                               | Matris Dönüştürücü                             | Çift yönlü | On-board                  | Üç faz              | Hella Electronics/ GaN Systems (Bai vd., 2016)                               |
|                               | Diyyot kenetlemeli dönüştürücü                 | Çift yönlü | Off-board                 | Üç faz              | (Mortezaei vd, 2018)                                                         |
|                               | Üç fazlı Vienna Doğrultucu                     | Tek yönlü  | Off-board                 | Üç faz              | Porsche modular hızlı şarj (Götz ve Reber, 2018; Hahre vd., 2018)            |

Tablo 4’te EA’larda kullanılan şarj topolojilerinin özellikleri, ticari ve patentli uygulamalar ile araştırmalardan örneklerle beraber verilmektedir. Böylelikle EA’larda teori ve araştırmalardan elde edilen hangi gelişmenin veya topolojinin uygulamaya konduğu ifade edilmeye çalışılmıştır. Görüldüğü üzere gerek izoleli gerekse izolesiz DC-DC dönüştürücüler ve gerekse AC-DC dönüştürücülerden birçoğu EA’larda uygulama alanı bulmuştur.

Bunlar dışında daha önce ifade edilen EA içerisinde yer alan motor sürücü devresi kullanılarak geliştirilen yüksek güç entegre on-board şarj sistemleri de bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak Renault firmasının ürettiği Zoe modelinde kullanılan Chameleon şarj edici, Valeo firmasının patentini aldığı dual inverter şarj edici ve Continental firmasının on-board şarj edici devresi gösterilebilir (Rivera vd., 2021).

### EA Şarj Standartları ve Yöntemleri



**Şekil 24:** EA Batarya Şarj Yöntemlerinin Sınıflandırılması

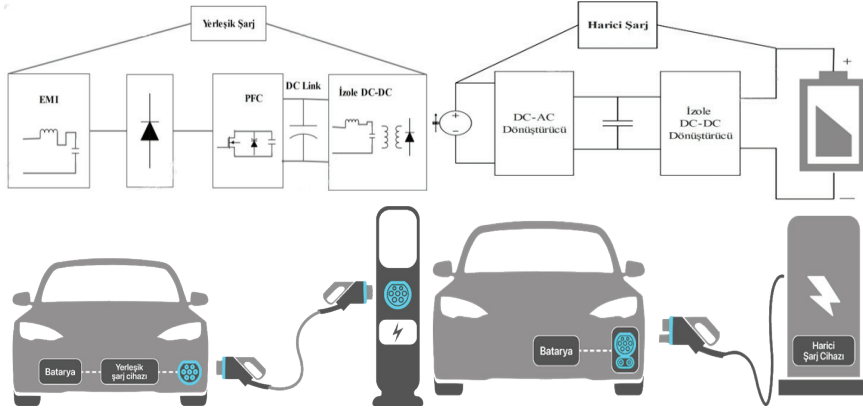
EA’larda batarya şarj yöntemlerini şekil 24’te de görüldüğü gibi kablolu şarj, kablosuz şarj ve batarya değişirme olmak üzere 3 ana başlık altında toplayabiliriz (Arif vd., 2021). Kablolu şarj, on-board ve off-board şarj olmak üzere ikiye ayrılır.

Şekil 25 (a)’da görüldüğü gibi on-board şarj yönteminde, önceki bölümde ifade edilen şarj edici devrelerden bazıları araç içerisine yerleştirilmiştir. On-board şarj, tek fazlı AC olarak yapıldığında genel olarak evlerde ve iş yerlerinde EA’ların uzun süreli park durumları esnasında yapılan düşük güçlü yavaş şarj işlemidir. Üç fazlı AC olarak yapılan on-board şarj orta güç düzeyleri için yapılmaktadır. Üç fazlı on-board AC şarj EA’ta yer alan motor sürücüsünün şarj cihazı olarak kullanılması ile uygulanan bir yöntem olup AC hızlı şarj olarakta literatürde geçmektedir (Yılmaz ve Krein, 2013). Off-board şarj ise şekil 25 (b)’de görüldüğü üzere araç dı-

şında bulunan şarj cihazı kullanılarak yapılan hızlı DC şarjdır. Tablo 5’te EA’ların şarj edilmesi üzerine standartlar yayınlayan kuruluşlar ve EA şarj standartları verilmektedir (Ng vd., 2011; Gürbak ve Kerem, 2020). SAE ABD’de, IEC Avrupa’da ve JEC ve JEVS Japonya’da, CEC ise Çin’de faaliyet gösteren ve EA’lar ile ilgili standartlar yayınlayan kuruluşlardır. SAE için AC ve DC şarj standardı aynı olmakla birlikte IEC, JEC ve CEC için AC ve DC şarj değişik standartlarda verilmektedir.

**Tablo 5:** EA Şarj Standartları

| EA Standart Kuruluşu                                                                                                                                             | Ülke    | EA Standartlar                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Society of Automotive Engineers (SAE), (Otomotiv Mühendisleri Topluluğu, OMT)                                                                                    | ABD     | SAE J1772-2017 (AC ve DC şarj)                                                                           |
| International Electrotechnical Commission (IEC), (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (UEK))                                                                    | Avrupa  | IEC 61851-22/23 (AC şarj)<br>IEC 62196-2 (AC şarj)<br>IEC 61851-23/24 (DC şarj)<br>IEC 62196-3 (DC şarj) |
| 1.Japanese Electrotechnical Committee (JEC), (Japonya Elektroteknik Komitesi (JEK))<br>2.Japan Electric Vehicle Association Standards (JEVS, Japonya EA derneği) | Japonya | JEVS G105-1993 (DC şarj)                                                                                 |
| China Electricity Council (CEC), (Çin Elektrik Konseyi, (ÇEK))                                                                                                   | Çin     | GB/T 20234-2 (AC şarj)<br>GB/T 20234-3-2015 (DC şarj)                                                    |



**Şekil 25:** (a ) On-board Şarj Yapısı (b) Off-board Şarj Yapısı (URL-17)



**Tablo 6:** AC Şarj Standartları ve Özellikleri (Rivera vd., 2021)

| AC Şarj standartları (On-board) | Maksimum Güç                      | Giriş gerilimi                 | Maksimum akım | Ülke/ Bölge                  | Araçtan aygıt şarj teknolojisi (V2D) |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------------|
| SAE J1772-2017                  | AC Seviye 1: 1.9 kW               | 120 V tek faz                  | 16 A          | Amerika, Japonya, Güney Kore | Geliştirme sürecinde                 |
|                                 | AC Seviye 2: 19.2 kW              | 240 V ayrık faz                | 80 A          |                              |                                      |
| IEC 61851                       | Mode 1: 4 kW(13.3 kW)             | Tek faz:250 V<br>Üç faz:480 V  | 16 A          | Avrupa, Avustralya           | Geliştirme sürecinde                 |
|                                 | Mode 2-3: 8 kW(22 kW)             | Tek faz:250 V<br>Üç faz:480 V  | 32 A          |                              |                                      |
| GB/T 20234-2                    | 7 kW(12.8 kW)                     | Tek faz:250 V<br>Tek faz:400 V | 32 A          | Çin, Hindistan               | Geliştirme sürecinde                 |
| TESLA (IEC 62196-2)             | Mobil bağlantı: 1.9kW(7.7 kW)     | 120 V tek faz<br>240 V tek faz | 16A/32A       | Dünya Geneline               | Bulunmuyor                           |
|                                 | Duvar bağlantısı: 2.8 kW(11.5 kW) | 208 V tek faz<br>250 V tek faz | 48 A          | Dünya Geneline               | Bulunmuyor                           |

**Tablo 7:** DC Şarj Standartları ve Özellikleri (Rivera vd., 2021)

| DC şarj Standartı (Off-board) | Maksimum güç | Tipik güç | Çıkış gerilimi | Maksimum akım | Ülke/ Bölge        | Araçtan aygıt şarj teknolojisi (V2D) | 100 km için şarj süresi |
|-------------------------------|--------------|-----------|----------------|---------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| CHAdeMO                       | 400 kW       | 50 kW     | 50-1000 V      | 400 A         | Dünya genelinde    | Bulunmakta                           | 13.73 dk                |
| CCS1                          | 350 kW       | 312 kW    | 200-1000 V     | 500 A         | ABD, Güney Kore    | Geliştirme sürecinde                 | 4.4 dk                  |
| CCS2                          | 350 kW       | 350 kW    | 200-1000 V     | 500 A         | Avrupa, Avustralya | Geliştirme sürecinde                 | 1.96 dk                 |
| GB/T 20234-3-2015             | 237.5 kW     | 60 kW     | 250-950 V      | 250-400 A     | Çin, Hindistan     | Geliştirme sürecinde                 | 11.44 dk                |
| TESLA                         | 350 kW       | 250 kW    | 300-480 V      | 800 A         | Dünya genelinde    | Bulunmuyor                           | 2.74 dk                 |

Tablo 6’da AC on-board şarj standartları maksimum güç, gerilim ve maksimum akım değerleri dikkate alınarak kullanıldığı ülkelere göre verilmektedir (Rivera vd., 2021). Şarj işleminin süresi güç değerine bağlıdır. SAE standardında güç seviyesi seviye olarak ifade edilirken IEC standardın-

da mode olarak ifade edilmiştir. Seviye 1 ve mode 1 genellikle evler ve işyerlerinde yavaş şarj işlemi için kullanılırken, seviye 2 ile mode 2 ve 3 ise kamu ve özel şarj tesisleri için kullanılmaktadır (Gürbak ve Kerem, 2020). Tablo 6’da görüldüğü üzere TESLA’nın AC şarj standardı araçtan ağırlığa teknolojisi (V2D) içermemektedir. SAE ve IEC standardını kullanan AC şarj sistemlerinde ise V2D teknolojisi geliştirme aşamasındadır. Tablo 7’de DC şarj standartları maksimum güç, çıkış gerilimi, maksimum akım, 100 km için şarj süresi ve kullanıldıkları ülkelere göre gösterilmektedir. CHAdeMO DC hızlı şarj standardı, bir Japon standardı olup açılımı “Charge de Move” şeklindedir. Bu standart ilk etapta 24 kWh olan bataryaları şarj etmek için yeterli bir güç olan 50 kW güç değeri ile ortaya atılmıştır. Daha sonraları ise 2017 yılında 100 kW, 2018’de CHAdeMO 2.0 ile 400 kW olarak güncellenmiştir (Rivera vd., 2021). CCS standardı ise “Combined Charge System” yani kombine şarj sistemi anlamına gelmektedir. Bu standart EA’lar arasındaki şarj sistemi uyumsuzluklarının giderilmesi için IEC ve SAE standartlarını birleştiren, tek faz ve üç faz için evrensel bir şarj sistemi önermektedir. CCS standardı 2016 yılında gücü 200 kW’a kadar olan, gerilimi ise 200-1000 V arasında olan şarj cihazlarını kapsamaktaydı. Günümüzde ise CCS maksimum 400 kW gücü olan orta güç EA’ları desteklemekte ve 1.5 kV ve 3 kA aralığındaki ağır hizmetlerde kullanılan EA’ları da kapsamaktadır. CCS standartının CCS1 ve CCS2 versiyonları bulunmaktadır. CCS1, SAE J1172 tabanlı olup ABD ve Güney Kore’de kullanılmaktadır. CCS2 ise temeli IEC standartına dayanmakta olup Avrupa ve Avustralya’da ticari yaygınlığı bulunmaktadır (Boyd, 2019, Rivera vd., 2021; Gürbak ve Kerem, 2020). GB/T standardı CEC tarafından yayınlanan bir şarj standardı olup Çin ve Hindistan’da bulunan şarj cihazları bu standarta göre düzenlenmektedir (Boyd, 2019). TESLA firması ise kendi araçları için kendi standardını geliştirmiştir. 2019 yılı itibarıyla TESLA firması Dünya çapında 1500 hızlı şarj istasyonuna ulaşmıştır. TESLA’nın hızlı şarj üniteleri 250 kW tepe gücü sağlama kapasitesine sahiptir (Voelcker, 2019; Chou ve Fortin, 2018). Tablo 7’de yer alan standartlardan sadece CHAdeMO standartını kullanan şarj cihazları V2D teknolojisini desteklemektedir (Rivera vd., 2021).

Batarya değiştirme yöntemi, biten pili dolu bir pil ile değiştirilmesi esasına göre çalışır. Batarya değiştirme istasyonunda aylık bir ücret karşılığında gerçekleştirilen bir işlemdir. İşlem, bir akü değiştirme bölümüne aracın girmesi ve otomatik bir şekilde aracın konumlanması ile başlar. Mevcut batarya tam şarjlı bir batarya ile değiştirilir. Biten bataryalar daha sonra kullanılmak üzere istasyonda şarj edilir (Arif vd., 2021). Bu yöntemin avantajları arasında menzil kaygısının olmaması ve İYM’lu bir arabanın deposu gibi hızlı ve kolay doldurma ifade edilebilir. Otomo-

billerde standartlaştırılmış bir batarya arayüzü gerektirmesi ve İYM'lu araçlara göre (yakıt açısından) daha pahalı bir yöntem olabilmesi dezavantajlarıdır (Arif vd., 2021).

Türkiye Elektrikli ve Hibrit Araçlar Derneği (TEHAD) verilerine göre Türkiye'de 7 bin civarında elektrikli araç bulunmaktadır ve sadece 2022 yılının ilk 6 ayında 2413 EA satın alınmıştır. Bununla birlikte iki binin üzerinde EA şarj istasyonu olduğu doğrulanmıştır. Bu istasyonların 2714 adeti AC kablolu, 267 adeti DC hızlı şarj istasyonudur ve sadece İstanbul içinde şarj istasyonları 600'ü geçmiş durumdadır. Yerli elektrikli otomobil TOGG'un piyasaya sunumu ile birlikte sadece 2023 yılı içinde 1500 hızlı şarj istasyonu açılması hedeflenmiştir (URL-19).

### **EA'larda Kullanılan Elektrikli Motor Çeşitleri**

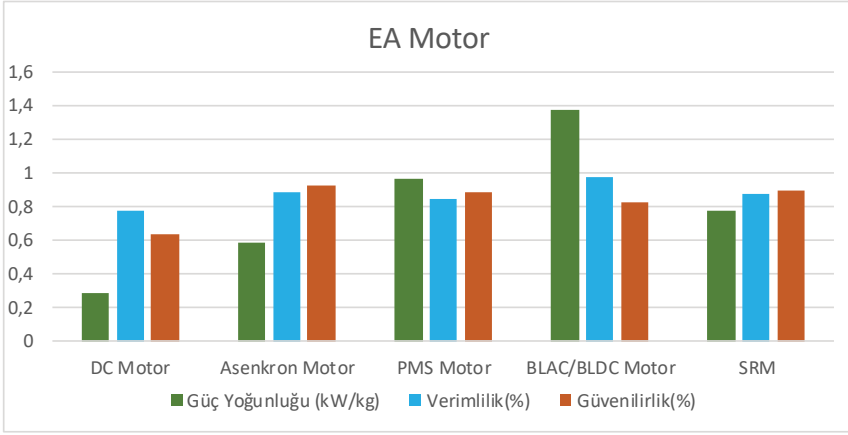
EA'da elektrik motoru en önemli kısımlardan biridir. EA'larda kullanılan motor çeşitleri DC motor, İndüksiyon motoru (IM), sabit mıknatıslı senkron motor (PMSM), sabit mıknatıslı fırçasız DC motor (PM-BLDC) ve anahtarlamalı relüktans motordur (SRM). Bununla beraber EA araçlar için araştırma çalışmaları devam eden senkron relüktans motor (SynRM), aksiyal-akı demirsiz sabit mıknatıslı motor (AFPM) ve aksiyal akı indüksiyon makinesi (AFIM) gibi motorlarda bulunmaktadır (Xue vd., 2008; Lulhe vd., 2015; Rajashekara, 2013; Bhatt vd., 2019). DC motorların, kontrolü kolaydır. Ancak bu motorlar fırça ve komütatör elemanları nedeniyle bakım gerektirirler. Fırça ve komütatör motor güvenilirliğini azaltmakla birlikte motor hızını da kısıtlamaktadır. Bu nedenle bu motorlar düşük hız uygulamalarında verimli bir şekilde kullanılabilirler (Jose ve Meikandasiyam, 2017). IM'lar dayanıklı ve basit yapısı, az bakım gerektirmesi, düşük maliyeti, yüksek verimi ve güvenilirliği nedeniyle EA'lar için en çok tercih edilen motorlardan biridir. Motordaki enerji verimi toplam kayıplara bağlıdır. Bu motorlar kompleks kontrol sistemi gerektirirler (Bharadwai, vd., 2020).

PMSM'ler sabit tork, yüksek verimlilik, yüksek güç yoğunluğu ve düşük enerji tüketimi özellikleri sunarlar. Toyota, Nissan BMW vb mevcut ticari EA'ların çoğunluğunda bu motor tercih edilmektedir (Ozpıneci ve Oak, 2014; URL-8). PMSM'ler sargı ve fırça gibi elemanlar içermediğinden ısı üretimi düşüktür. Ancak kullandığı sabit mıknatıs nedeniyle bu motorun başlangıç fiyatı pahalıdır. Ayrıca bu motorun enerji dönüşümü esnasındaki kaybı da dikkate değer sorunlarından biridir (Loganayaki vd., 2019). PM-BLDC motorlarda fırça bulunmamaktadır ancak inverter gereksinimleri bulunmaktadır. Bu motorlar yüksek güç yoğunluğuna,

yüksek verimliliğe ve düşük ısı üretimine sahiptir. Sabit mıknatıs gerektirmesi ve sabit mıknatıs alanının alan zayıflatma kapasitesini sınırlaması dezavantajlarından (Thakar ve Patel, 2019; Noor vd., 2017). SRM'lar, basit yapısı, hata tolere eden çalışması, iyi verimleri ve geniş sabit tork hız karakteristikleri nedeniyle EA uygulamalarında önemli bir potansiyelleri bulunmaktadır. Geniş hız aralığında çalışabilmesi dişli kutuları gibi bazı kısımların elimine edilmesini sağlar. Basit yapısı ve düşük rotor eylemsizliği nedeniyle SRM hızlı dinamiklere sahiptir. Bazı HEA'larda tercih edilmektedir (Xue vd., 2008; Zeraoulia vd., 2006). Şekil 26'da verimlilik, güvenilirlik ve güç yoğunluğu açısından bu 5 motor karşılaştırılmıştır. DC motor güç yoğunluğu açısından en düşük değere sahipken, PM-BLDC motor en yüksek güç yoğunluğuna sahiptir. Verimlilik açısından ise benzer bir sonuç görülmektedir. PM-BLDC motorun verimliliği PMSM'den fazladır. Güvenilirlik açısından SRM ve IM daha ön plandadır. DC motor, güvenilirliği en düşük motordur (Bhatt vd., 2019). Tablo 8'de bazı ticari EA'larda kullanılan motor çeşitleri ve özellikleri gösterilmiştir (Wahid vd., 2021).

**Tablo 8:** Bazı Ticari EA'ların Kullandığı Motorlar ve Özellikleri (Wahid vd., 2021).

| Ticari EA           | Araç Tipi      | Batarya Kapasitesi (kWh) | Motor Tipi | Motor Gücü (kW) | Üretim Yılı | Kaynak                            |
|---------------------|----------------|--------------------------|------------|-----------------|-------------|-----------------------------------|
| Audi A3 e-Tron      | FHEA           | 95                       | PM-SM      | 75              | 2018        | (Ronanki vd., 2019)               |
| Audi Q5             | HEA            | 10                       | PM-SM      | 182             | 2009        | (Lopez vd., 2019)                 |
| Hyundai Ioniq, Kona | HEA, FHEA, TEA | 28                       | PM-SM      | 88              | 2018–2021   | (Suarez vd., 2019)                |
| Smart FortoWo ED    | TEA            | 17.6                     | PM-BLDC    | 55              | 2009        | (Sanguesa, 2021)                  |
| Tesla Model 3       | TEA            | 75                       | PM-SM      | 192             | 2016        | (Karki vd., 2020)                 |
| Tesla Model S70D    | TEA            | 100                      | IM         | 100             | 2018        | (Sanguesa, 2021; Karki vd., 2020) |
| Tesla Model X       | TEA            | 100                      | IM         | 193             | 2016        | (Karki vd., 2020)                 |
| GM prototype        | TEA            | -                        | SRM        | -               | 1990        | (Karki vd., 2020)                 |



**Şekil 26:** Elektrik Motor Çeşitlerinin Karşılaştırılması (Bhatt vd., 2019).

### EA'ların Şebeke Entegrasyonu ve Şarj Teknolojileri

EA için kullanılmakta olan şarj teknolojilerinin başında araçtan şebekeye (V2G) teknolojisi gelmektedir. V2G, FHEA'lar, TEA'lar vb. gibi EA'ların, şebekeye güç göndererek veya şarj olma hızını azaltarak şebekeyle çift yönlü güç alışverişini tanımlar. Başarılı bir V2G çalışması için üç temel araç gereklidir (Yılmaz ve Krein, 2013; Tirunagari vd., 2022). Bunlar şebeke bağlantısı, şebeke ile araçlar arasında kontrol ve haberleşme ve on-board/off-board akıllı ölçümdür. Akıllı V2G teknolojisi hem şebeke operatörü ve hem de EA sahipleri için çok yararlı ve verimli bir stratejidir. Bu durumda V2G teknolojisinde mümkün olan en yüksek geri dönüşü veya verimi almak için araç sahibi ile şebeke operatörü arasındaki iş birliği çok önemlidir (Yılmaz ve Krein, 2013; Tirunagari vd., 2022). V2G teknolojisi ile elektrik şebekesinin verimlilik, kararlılık ve güvenilirlik performansı artırılabilir (Noel vd., 2019; URL-9). EA, V2G teknolojisi ile yardımcı hizmetler sağlayarak şebekeyi desteklemek için genellikle dinamik dağıtılmış enerji kaynağı olarak dikkate alınır (URL-11). V2G teknolojisine sahip bir EA ile reaktif güç desteği, aktif güç regülasyonu, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının en iyi kullanımı, akım harmonik filtreleme, yük dengeleme, gerilim ve frekans kontrolü gibi birçok olanak ortaya çıkmaktadır (Yılmaz ve Krein, 2013). Bunun yanında bu teknolojinin batarya enerji kapasitesinin, veriminin ve ömrünün azalmasına sebep olması, EA ve şebeke arasında haberleşme yapısı gereksinimi ve donanım üzerinde etkileri gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Buna rağmen V2G teknolojisinin hem şebeke açısından ve hem de EA sahipleri açısından ekonomik faydalar sağlaması beklenmektedir (Noel vd., 2019; Zeng vd.,

2017). Yukarıda bahsedilen faydalarının dışında, enerji kayıplarını minimize edebilir, şebeke yük faktörünü maksimize edebilir, ayrıca üretimin maliyetinin azalması, çalışma maliyetlerinin azalması gibi finansal yararlar ile CO<sub>2</sub> ve diğer gaz emisyonlarının azaltılması gibi çevresel yararları da sağlayabilir (Zeng vd., 2017; URL-10). V2G teknolojisi EA'larda kullanılan yenilenebilir enerji gücünün artırılmasına yardımcı olabilir. Dolayısıyla pik yük talebinde bu enerjiyi deşarj ederek pik yük talebini azaltabilir (Lopes vd., 2009; Jones vd., 2021). Ayrıca V2G yoluyla şarj maliyetleride düşürülebilir (Jones vd., 2021). Güneş enerjisi kullanan bir ev geceleri elektrik üretemez, ancak elektrikli bir araç gerekirse ikincil bir güç kaynağı olarak ev için kullanılabilir (URL-9). Enerji üretimi veya yakınlardaki tüketim (Yükler, Örn: Aydınlatma) gibi farklı ihtiyaçlara bağlı olarak EA V2G ile şarj edilebilir ve deşarj edilebilir (URL-12). 2011'de Japonya'da meydana gelen Tohoku depremi ve Fukushima Daiichi nükleer felaketi Japonya'yı enerji ihtiyacıyla karşı karşıya bırakmıştı. Bu durumda elektrik kesintisini hafifletmek için Nissan firması, şebeke kararlı hale gelene kadar güç sağlamak için 66 Leaf model elektrikli aracını kullanmıştır (URL-11). V2G teknolojinin diğer kullanım yerleri; araçtan binaya (V2B), araçtan eve (V2H) ve araçtan her şeye (V2X) şeklinde ortaya konmuştur (URL-13).

## **EA'ların Güç Sistemlerine Etkileri**

### **EA'ların Gerilim Kararlılığına Etkisi**

Bilindiği gibi bir sistemin kesintiden sonra kararlı gerilime dönme yeteneği, güç şebekesinin gerilim kararlılığını ifade eder. Yüksek güçlü EA şarj cihazlarının yaygın kullanımı, gerilim kesintilerine sebep olabilir. Gerilimde ki değişiklikler sistem arızalarına neden olur. EA'ların özellikleri standart yüklerden önemli ölçüde farklıdır. EA'lar doğru şekilde şarj olmak için kısa sürede çok fazla enerjiye ihtiyaç duyarlar. Sistemde fazla güç talebi, kararlı gerilimin korunmasında büyük bir dalgalanmaya neden olabilir. (Kuruvilla vd., 2022).

### **EA'ların Güvenilirlik Üzerindeki Etkisi**

Güvenilirlik, belirli bir zaman diliminde bir arızanın meydana gelme olasılığıdır. Düşük güvenilirlik, öncelikle kötü tasarım ve uygun olmayan üretim uygulamalarından kaynaklanmaktadır. Sistem ve süreç bilgisi eksikliğinden kaynaklanan insan hataları ve diğer faktörler sistemin güvenilirliğine katkıda bulunabilir (Ganesh ve Rao, 2020).

EA şarj hizmetleri ve güç sistemi güvenilirliği büyük ölçekli EA entegrasyonundan etkilenebilmektedir. EA'lar V2G teknolojisi ile sisteme çok faydalı olduğu gibi nonlinear yük olma özelliği ile sistemi olumsuz

etkileyebilir. V2G teknolojisi ile EA'lar sistemin gerilim ve frekans kararlılığına katkıda bulunarak aynı zamanda güç sistemi güvenilirliğini de arttırabilirler (Kuruvilla vd., 2022; Ganesh ve Rao, 2020).

### **EA'ların Güç Kaybına Etkisi**

EA'ların yüksek güç talebi, toplam güç kayıpları üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Araştırmacılara göre, EA'lar yaygınlaştıkça şebeke güç kayıpları da önemli ölçüde artmış ve artacaktır. Sistem bileşenlerindeki kayıplar birçok araştırmaya konu olmuştur. Güç kayıplarını azaltmak için optimizasyon programlama metodolojileri araştırılmıştır (Kuruvilla vd., 2022). EA'lar, sahip olduğu şarj istasyonları ile güç kayıplarına yol açmasının yanı sıra, geniş güç şebekesi üzerinde stres oluşturması ve buna bağlı olarak gerilim dalgalanması ve sistem verimliliğinin azalması gibi bazı olumsuz etkilere sahiptir (Patil ve Kalkhambkar, 2021). EA'ların optimal yöntemler uygulanarak koordineli şarj edilmesi durumunda bu araçlardan kaynaklanan güç kayıplarının azalacağı literatürde ifade edilmektedir (Elnozahy ve Salama, 2014; Dias vd., 2018).

### **EA'ların Güç Kalitesine Etkisi**

Doğrusal olmayan yükler büyüdükçe, güç sistemi optimizasyonu, güç kalitesi bakımı ve dağıtım şebekesi tasarımı daha karmaşık hale gelmektedir. Doğrusal olmayan yükler daha sık kullanılmaktadır ve bu da güç kalitesi üzerinde zararlı bir etkiye sahiptir. Güç kalitesini etkileyen bazı güç kalitesi sorunları arasında gerilim düşmesi, gerilim yükselmesi, harmonik bozulma, aşırı gerilim, geçici olaylar ve kısa/uzun süreli kesintiler bulunur (Kuruvilla vd., 2022). Pasif filtreler, DSTATCOM, DVR vb. cihazlar güç kalitesi sorunlarını azaltmak için kullanılan teknolojilerden bazılarıdır. Sistemin güç kalitesini azaltacak bileşen, güç dönüştürücülü EA tahrik sistemidir. Şarj istasyonları için güç kaynağı olarak yenilenebilir enerji kullanıldığında bu sorununun üstesinden gelinilebilir (Rani vd., 2022). Literatürde bazı çalışmalarda güç sisteminde pik yükler söz konusu olduğunda, V2G teknolojisi yoluyla pik yüklerde tepe tıraşlama ve tepe kaydırma uygulamaları yapılmış ve dağıtım düzeyinde pik yüklerin azaltılması sağlanmıştır (Patil ve Kalkhambkar, 2021).

### **EA'ların Frekans Ayarına Etkisi**

Güç sistemindeki tüm ekipmanların düzgün çalışması için sistem frekansı 50 Hz veya 60 Hz standart değerinde tutulmalıdır. Yüklerdeki ani artış nedeniyle iletim hatlarındaki arızalar sistemde güç dengesizliklerine neden olur. Frekansın çok düşük olması durumunda elektrik kesintileri, frekansın çok yüksek olması durumunda ise birincil güç üretim istasyonunda ani bir arıza meydana gelecektir. Senkron generatörler, geleneksel güç şebekelerinde frekansı yönetmek için kullanılır. EA entegrasyonu,

elektrik güç sistemlerinde frekans yönetimi için önemlidir (Kuruvilla vd., 2022; Patil ve Kalkhambkar, 2021). EA bataryası, bir enerji kaynağı olarak hızlı yanıt verdiği için geleneksel üretim birimlerinden daha üstün performansa sahiptir. EA'lar V2G güç akışı ile frekansın ayarlanmasına ve kontrol edilmesine yardımcı olabilir (Rani vd., 2022; Kuruvilla vd., 2022).

### **EA'ların Gerilim Düzenleme ve Reaktif Güç Kompanzasyonuna Etkisi**

Reaktif güç değeri ayarlanarak ve sistem kayıpları azaltılarak güç faktörü düzeltilmesi ve daha iyi gerilim profili elde edilebilir ve güç sistemi verimliliği artırılabilir. Reaktif güç normalde generatörler ve kapasitörler aracılığıyla üretilir. Şarj cihazlarından reaktif güç üretimi reaktif güç telafisi sağlayabilir ve EA bataryasının ömrü etkilenmez (Rani vd., 2022; Kuruvilla vd., 2022).



## SONUÇLAR

Bu çalışmada EA'ların tarihsel gelişimi, sınıflandırılması, şarj sistemlerinde kullanılan dönüştürücü yapıları, şarj standartları ve elektrikli motor çeşitleri ile kullanılan şarj teknolojileri incelenmiştir. EA'ların üretimi ve kullanımı günümüzde hızla artmaktadır. Bununla birlikte gerekli hizmet ve ihtiyaçları da göz önünde bulundurulmalıdır. EA şarj istasyonlarının yeterliliği ve bir kapalı sistemde akıllı şarj sistemleri ile geri dönüştürülebilir enerji halinde sunulması önemlidir. Günümüzde EA'lar İYM'lu araçlara göre mesafedeki tüketim maliyeti olarak daha iyi ve tasarruflu olması, İYM'lu araçlara göre emisyon ve sera gazının azaltılmış olması veya hiç olmaması, üstün performans karakteristikleri, düşük bakım maliyetleri ve enerji güvenliği nedenlerinden dolayı dikkat çekmektedir. Bunun yanında EA'ların yüksek maliyeti, şarj istasyonları, şarj süreleri ve menzilleri araştırma konusu olmaya devam eden önemli sorunlardır. Batarya teknolojisinin gelişmesiyle maliyetlerin azalması beklenmektedir. Şarj istasyonları ise Dünya çapında giderek yaygınlaşmaktadır. Hızlı ve çok hızlı DC şarj ile şarj sürelerinde ciddi azalmalar görülse de şarj istasyonlarının yaygınlaşması EA'ları daha cazip hale getirecektir. Akıllı enerji sistemlerinde, V2X teknolojisi ile birlikte enerjinin sabit konumlanmaması amaçlanırken ihtiyaca yönelik her yere aktarılması hedeflenmiştir. Yenilenebilir enerji dünya için önemli enerji kaynaklarından biridir ve EA'lar, V2X gibi teknolojilerle yenilenebilir enerji kaynaklarını sürdürülebilir hale getirmektedir. Özellikle V2G teknolojisinin teknik, ekonomik ve çevresel birçok yararı bulunmaktadır. Ülkemizde de TOGG'nun umut vadeden ilk aracı üretim bandından inmiş ve dikkat çekmiş olması bu alanda ülkemizde daha ileri adımlar atılacağına göstergesidir.

## KAYNAKÇA

- URL-1: Enerji Çalışma Grubu, (2021). Elektrikli Araçlar Ve Depolama Teknolojileri Bilgilendirme Notu, <https://www.tskb.com.tr/uploads/file/elektrikli-araclar-ve-depolama-teknolojileri-bilgilendirme-notu-120721.pdf>, (E.T.:01.12.2022)
- Arif, S.M.; Lie, T.T., Seet, B.C., Ayyadi, S., Jensen, K., (2021). Review Of Electric Vehicle Technologies, Charging Methods, Standards And Optimization Techniques. *Electronics* 1910.
- Patil H. ; Kalkhambkar, V. N. (2021). Grid Integration Of Electric Vehicles For Economic Benefits: A Review. *Journal Of Modern Power Systems And Clean Energy*, 13-26.
- Rani S. L. And Raju, V. V. R. (2022). V2g And G2v Technology in Micro-Grid Using Bidirectional Charger: A Review. *2022 Second International Conference On Power, Control And Computing Technologies (Icpc2t)*. 1-5.
- Shumei, C. Xiaofei, L. Dewen, T. Qianfan Z. And S. Liwei, (2011). The Construction And Simulation Of V2g System In Micro-Grid. *2011 International Conference On Electrical Machines And Systems*. 1-4.
- Naik, N. And Vyjayanthi, C. (2021). Optimization Of Vehicle-To-Grid (V2g) Services For Development Of Smart Electric Grid: A Review,” 2021 International Conference On Smart Generation Computing, *Communication And Networking (Smart Gencon)*. 1-6.
- URL-2: Wikipedia, TOGG-C-SUV, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Togg\\_C-Suv#:~:Text=Arac%C4%B1n%20arkadan%20iti%C5%9fi%20200%20hp,Versiyonunda%20ise%207%2c6%20saniyedir](https://tr.wikipedia.org/wiki/Togg_C-Suv#:~:Text=Arac%C4%B1n%20arkadan%20iti%C5%9fi%20200%20hp,Versiyonunda%20ise%207%2c6%20saniyedir), (E.T.: 01.12.2022)
- İşen, E. Ve Tarlak, H. (2018), “Elektrikli Araçlar Ve Akü Şarj Sistemleri”, *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi*, C. 4, Sayı. 1, Ss. 124-141
- Balcı, M., E., Kılıç, F., Karakaya, O., Dağlı, İ., (2020). Elektrikli Araçlar: Mekanik Güç Aktarma Yapıları, Elektrik Güç Sistemleri ve Şarj Yaklaşımları. *Akıllı Ulaşım Sistemleri Ve Uygulama Dergisi*. 3. 176-201.
- Ateş, S., B., Emo Haber Bülteni, “Elektrikli Araçlara Genel Bakış”, [https://www.emo.org.tr/Ekler/E63f636ff73d655\\_Ek.Pdf?Dergi=1278](https://www.emo.org.tr/Ekler/E63f636ff73d655_Ek.Pdf?Dergi=1278) (ET: 20.10.2022.)
- URL-3: Kuşdoğan, Ş., (2017). Akıllı Şebekelere Elektrikli Araçların Entegrasyonu ve Taşıttan Şebekeye V2g Uygulamaları. V. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre Ve Sergisi, 11. Güç ve Enerji Sistemleri Sempozyumu, Türkiye, [https://www.emo.org.tr/Ekler/F13bc4c93579242\\_Ek.Pdf](https://www.emo.org.tr/Ekler/F13bc4c93579242_Ek.Pdf), (ET: 01.12.2022)
- URL-4: Yapıcı , R., Güneş, D., Yörükeren, N., “Elektrikli Şarj İstasyonlarının Dağıtım Şebekesine Olası Etkileri. 21-27, [https://www.emo.org.tr/Ekler/3d19f986f385e23\\_Ek.Pdf](https://www.emo.org.tr/Ekler/3d19f986f385e23_Ek.Pdf) (ET:01.12.2022)

- URL-5: Tınç, N., S., Aksoy, İ., Şahin Y., Elektrikli Araçların Batarya Şarjında Kullanılan Güç Faktörü Düzeltmeli Klasik Ve Interleaved Yükseltici Türü Dönüştürücülerin Karşılaştırılması. [https://www.emo.org.tr/Ekler/Bc8f657d1ed18ab\\_Ek.Pdf](https://www.emo.org.tr/Ekler/Bc8f657d1ed18ab_Ek.Pdf) (ET:01.12.2022).
- Zhang, Y., He, I. And D. M. Ionel, (2019). Modeling And Control Of A Multiport Converter Based Ev Charging Station With Pv And Battery. *2019 IEEE Transportation Electrification Conference And Expo (IteC)*. 1-5.
- Acharige, S., S., G.; Haque, M. E.; Arif, M. T.; N. Hosseinzadeh; S. Saha, (2021). A Solar Pv Based Smart Ev Charging System With V2g Operation For Grid Support. *2021 31st Australasian Universities Power Engineering Conference (Aupec)*. 1-6.
- Misra, S.; Panigrahi, P. K.; Ghosh, S., (2020). Smart Battery Management Scheme For V2g Based Ev Smart Charger – A Better Approach Of Allocation Of Ev Based Distributed Generation. *2020 IEEE International Symposium On Sustainable Energy, Signal Processing And Cyber Security (Isssc)*. 1-6.
- Shakeel F. M.; Malik, O. P.; (2019). Vehicle-To-Grid Technology İn A Micro-Grid Using Dc Fast Charging Architecture. *2019 IEEE Canadian Conference Of Electrical And Computer Engineering (Ccece)*. 1-4.
- Chan, C. C., (2013). The Rise & Fall Of Electric Vehicles In 1828–1930: Lessons Learned. *Proceedings Of The IEEE* 1.101: 206-212.
- URL-6: A. A. Yusuf Muratoğlu, (2016). Elektrikli Araç Teknolojisi Ve Pil Yönetim Sistemi İnceleme. 10-13(E. T. : 01.12.2022) [https://www.emo.org.tr/Ekler/929157f3f9ab67a\\_Ek.Pdf?Dergi=1051](https://www.emo.org.tr/Ekler/929157f3f9ab67a_Ek.Pdf?Dergi=1051)
- Lambrecht, A., (2021). Insideev. <https://insideevs.com/features/549726/Electric-Car-History/>. (ET: 17 04 2022).
- Matulka, R., (2014). Energy.Gov. <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>. (ET: 17.04 ,2022).
- Yong, J., Y., ; Vigna K. Ramachandaramurthy, Kang Miao Tan, N. Mithulanant-han, (2015). A Review On The State-Of-The-Art Technologies Of Electric Vehicle, Its Impacts And Prospects, Renewable And Sustainable Energy Reviews. 365-385.
- URL-7:International Energy Agency, Global Ev Outlook 2022 Securing Supplies For An Electric Future, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/Ad8fb04c-4f75-42fc-973a-6e54c8a4449a/Globalelectricvehicleoutlook2022.Pdf>, ( ET:01. 12.2022).
- Goel,S., Sharma, R., Rathore, A., K., (2021), A Review On Barrier And Challenges Of Electric Vehicle İn India And Vehicle To Grid Optimisation. *Transportation Engineering, Issn* 2666-691.
- Turksoy, O., Yilmaz, U., Teke, A., (2018) “Overview Of Battery Charger Topologies İn Plug-In Electric And Hybrid Electric Vehicles”, *16th International Conference On Clean Energy (Icce-2018)*

- Habte, O. K., (2020), *Bidirectional Power Transfer Between Grid And Electric Vehicle Batteries*, Master Thesis, Fmh606 Master's Thesis 2020 Electrical Power Engineering, Faculty Of Technology, *Natural Sciences And Maritime Sciences Campus Porsgrunn*.
- S. Habib, M.M. Khan, F. Abbas, H. Tang, (2018). Assessment Of Electric Vehicles Concerning Impacts, Charging Infrastructure With Unidirectional And Bidirectional Chargers, And Power Flow Comparisons, *Int. J. Energy Res.* 3416–3441.
- J. Lu, A. Mallik, A. Khaligh, (2017). Dynamic Strategy For Efficiency Estimation In A Ccm-Operated Front-End Pfc Converter For Electric Vehicle Onboard Charger, *IEEE Trans. Transp. Electrif.* 545–553.
- Khalid, M., Ahmad F., Panigrahi, B.K. Al-Fagih L., (2022). A Comprehensive Review On Advanced Charging Topologies And Methodologies For Electric Vehicle Battery. *Journal Of Energy Storage*.53.105084.
- Patel, M., R., Shah, A., P., Chudasama D. K. J., Ve Jadhav, G.J. (2022), “A Review of EV Converters Performance during V2G/G2V mode of Operation”, *2022 3rd International Conference for Emerging Technology (IN-CET)*, Incet., 1-4.
- I. Aksoy, H. Bodur, A.F. Bakan, (2010), A New Zvt-Zct-Pwm Dc-Dc Converter, *IEEE Trans. Power Electron.* 2093–2105.
- Wu, H. Mu, T. Ge, H. And Xing, Y. (2016). Full Range Soft Switching Isolated Buck-Boost Converters With Integrated Interleaved Boost Converter And Phase-Shifted Control, *IEEE Trans. Power Electron.* 987–999.
- Kattel, B.E., Mayer, M., Oliveira, R.S. V.G., Filho, D.J, Cardoso B. (2020). Four-Phase Interleaved Dc–Dc Step-Down Converter Using Coupled Inductor For High Power Application, *Int. J. Circuit Theory Appl.* 1696–1723.
- Yodwong, B. Guilbert, D., Kaewmanee, W. And Phattanasak, M. (2019). Energy Efficiency Based Control Strategy Of A Three-Level Interleaved Dc-Dc Buck Converter Supplying A Proton Exchange Membrane Electrolyzer, *Electron.* 1–18.
- Hu, W. Kang, Y. Hu, H. And Zhou, X. (2019). A Zero-Voltage Transition Semi Bridgeless Boost Pfc Converter With Lcd Clamp Circuit, *Zhongguo Dianji Gongcheng Xuebao/Proc. Chin. Soc. Electr. Eng.*, 803–811.
- Khan, U.A., Cha, H., Park, J.W., Khan, A.A., Eberle, W., (2020). A Family Of Improved Dual-Buck Dc-Ac Inverters And Dual-Boost Ac-Dc Converters, *IEEE Emerg. Sel. Top. Power Electron*, 2930–2942.
- Karpagavalli, P. (2017), Semi Bridgeless Phase Shifted Boost Converter Fed Four Quadrant Dc Drive With Power Factor Correction, *Asian J. Res. Soc. Sci. Humanit*,454.

- Musavi F., Eberle W., And Dunford W. G. (2013). A Phase-Shifted Gating Technique With Simplified Current Sensing For The Semi-Bridgeless Ac-Dc Converter, *IEEE Trans. Veh. Technol.* 62, 1568–1576.
- Musavi F., Eberle W., And Dunford W. G. (2011). A High-Performance Single-Phase Bridgeless Interleaved Pfc Converter For Plug-In Hybrid Electric Vehicle Battery Chargers, *IEEE Trans. Ind. Appl.* 47, 1833–1843.
- Shen Y., Zhao W., Chen Z. And Cai C. (2018). Full Bridge Llc Resonant Converter With Series-Parallel Connected Transformers For Electric Vehicle On-Board Charger, *IEEE Access.* 13490–13500.
- Vu H.N., Choi W. (2018). A Novel Dual Full-Bridge Llc Resonant Converter For Cc And Cv Charges Of Batteries For Electric Vehicles, *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2212–2225.
- Hu S., Li X. And Bhat A.K.S. (2019). Operation Of A Bidirectional Series-Resonant Converter With Minimized Tank Current And Wide Zvs Range, *IEEE Trans. Power Electron.* 904–915
- Zhang Z., Xie S., Wu Z. And Xu J. (2020). Soft-Switching And Low Conduction Loss Current-Fed Isolated Bidirectional Dc–Dc Converter With Pwm Plus Dual Phase-Shift Control, *J. Power Electron.* 664–674.
- Mira, M.C. Zhang, Z. Knott A. And Andersen M.A.E. (2017). Analysis, Design, Modeling, And Control Of An Interleaved Boost Full Bridge Three Port Converter For Hybrid Renewable Energy Systems, *IEEE Trans. Power Electron.* 1138–1155.
- Karanayil, B., Ciobotaru, M. And Agelidis, V.G. (2017). Power Flow Management Of Isolated Multiport Converter For More Electric Aircraft, *IEEE Trans. Power Electron.* 5850–5861.
- Irfan M.S., Ahmed, A. And Park, J.H. (2018) Power-Decoupling Of A Multiport Isolated Converter For An Electrolytic-Capacitorless Multilevel Inverter, *IEEE Trans. Power Electron.* 6656–6671.
- Lipu, M.S.H., Faisal, M., AnsariHannan, S., Karim, M.A., Ayob, T.F., Hussain, A., Miah, A., M.S. And Saad, M.H.M. (2021). Review Of Electric Vehicle Converter Configurations, Control Schemes And Optimizations: Challenges And Suggestions. *Electronics*, 10, 477.
- Seixas, M., D.C. Silva, F.J.M.De, L.S.C.E. And Joao, C.P. (2017). Three-Phase Bridgeless Boost Pfc Converter With Variable Duty Cycle Control, *14th Brazilian Power Electron. Conf. Cobep 2017.* 1–6.
- Saha, J. Brahmendra Yadav, G.N. Kumar Panda, S.(2019). A Review On Bidirectional Matrix-Based Ac-Dc Conversion For Modular Solid State Transformers, *2019 IEEE 4th Int. Futur. Energy Electron. Conf. Ifeec 2019.*1–7.
- Ghoni, R., Abdalla, A.N., Koh, S.P., Rashag, H.F. And Razali, R. (2011). Issues Of Matrix Converters: Technical Review, *Int. J. Phys. Sci.* 3628–3640.

- Zhang, Z. Zhu, Z., Hu, B. Tang, X. Liu, C. And Wang, Z. (2020). Uniform Carrier-Based Pwm Method For Three-Phase Three-Level Three-Wire And Four-Wire Converter System With Neutral-Point Balancing, *Iet Power Electron.* 3032–3043.
- Li, X., Sun, Y., Wang, H., Su, M. And Huang, S. (2018). A Hybrid Control Scheme For Three-Phase Vienna Rectifiers, *IEEE Trans. Power Electron.* 629–640.
- Yılmaz, M., Krein, P.T. (2013). Review Of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, And Infrastructure For Plug-In Electric And Hybrid Vehicles, *IEEE Trans. Power Electron.* 2151–2169.
- Rivera, S., Kouro, S., Vazquez, S., Goetz, S.M. , Lizana, R. And Enrique Cadaval, R. (2021).From Grid To Battery Electric Vehicle Charging Infrastructure. *IEEE Industrial Electronics Magazine.* 37-51.
- Kim, J. H., Park, J. Y., Lee, J., Choi, K., And Lee J. J., (2018). Bidirectional Powering On-Board Charger, Vehicle Power Supply System Including The Same, And Control Method Thereof, *U.S. Patent* .10.046,
- Srdic S., And Lukic, S., (2019). Toward Extreme Fast Charging: Challenges And Opportunities In Directly Connecting To Medium-Voltage Line,” *IEE Electrific. Mag.*7,1, 22–31.
- Krauer, J.P. (2015). Charging Efficiency Using Variable Isolation, *U.S. Patent* 9,225,197b2.
- Cesiel D., And Zhu, C., (2017). A Closer Look At The Onboard Charger: The Development Of The Second-Generation Module For The Chevrolet Volt,” *IEEE Electrific.* 36–42.
- Kim, J. H., Park, J. Y., Lee, J., Choi, K., And Lee. J. J. (2018). Bidirectional Powering On-Board Charger, Vehicle Power Supply System Including The Same, And Control Method *ThereofU.S. Patent.* 10,046,656b2.
- Bai, H., Mcammond, M., Lu, J., Tian, Q., Teng, H., And Brown, A. (2016). Design And Optimization Of A 98%-Efficiency On-Board Level-2 Battery Charger Using E-Mode Gan Hemts For Electric Vehicles. *Sae Int. J. Alt. Powertrains*, Vol. 5, No. 1, Apr. 2016.
- Götz S., And Reber, V., (2018). Modular Power Electronics System For Charging An Electrically Operated Vehicle. *U.S. Patent Appl. Us* 0162229a1.
- Hähre, K., Heyne, R., Jankovic, M., And Metzger, C. (2018). Power Electronic Module For A Charging Station And Corresponding Charging Station And Electricity Charging Station. *U.S. Patent Appl. Us*2019/0190390a1.
- Ng, T. W., Liu, J. F., and Cheng, K. W. E. (2011). A Review Of International Charging Coupler Standards And Its Availability In Hong Kong. In 2011 4th International Conference On Power Electronics Systems And Applications. *IEEE.* 1-4.

- Gürbak, H., Kerem, A. (2020). Fast Charging Station Technologies For Electric Vehicles. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım Ve Teknoloji, Gu J Sci, Part C*, 8(3): 644-661.
- Phimphui, A., Supatti, U. (2019). V2g And G2v Using İnterleaved Converter For A Singlephase Onboard Bidirectional Charger. *IEEE Transp. Electrifi. Conf. Expo.* 1–10.
- Merlin N.J., Mary, S.S. (2021). Design And Controller İmplementation Of 3.3 Kw Bridgeless Boost-Fed Three-Level Resonant Converter For Ev Battery Charging. *Electr. Eng. Early* .1–15.
- Vu, H.N., Choi, W. (2018). A Novel Dual Full-Bridge Llc Resonant Converter For Cc And Cv Charges Of Batteries For Electric Vehicles. *IEEE Trans. Ind. Electron.*65.2212–2225.
- Mao, H., Abu-Qahouq, J., Luo, S., Batarseh, I. (2004). Zero-Voltage-Switching Half-Bridge Dc-Dc Converter With Modified Pwm Control Method. *IEEE Trans. Power Electron.* 947–958.
- Karanayil, B., Ciobotaru, M., Agelidis, V.G. (2017). Power Flow Management Of İsolated Multiport Converter For More Electric Aircraft. *IEEE Trans. Power Electron.* 32.5850–5861.
- Irfan, M.S., Ahmed, A., Park, J.H. (2018). Power-Decoupling Of A Multiport İsolated Converter For An Electrolytic-Capacitorless Multilevel İnverter, *IEEE Trans. Power Electron.* 33. 6656–6671.
- Morais, D.C., De Seixas, F.J.M., Silva, L.S.C.E, Joao, C.P., (2017). Three-Phase Bridgeless Boost Pfc Converter With Variable Duty Cycle Control. *14th Brazilian Power Electron. Conf. Cobep.* 1–6.
- Mortezaei, A., Abdulhak, M., Simoes M.G. (2018). A Bidirectional Npc-Based Level 3 Ev Charging System With Added Active Filter Functionality İn Smart Grid Applications. *IEEE Transportation Electrification Conference And Expo.*
- Boyd, J. (2019). China And Japan Drive A Global Ev Charging Effort: The New Standard Will Be Backward Compatible With Select Charging Stations. *IEEE Spectr.*12–13.
- Voelcker, J. (2019). Porsche’s Fast-Charge Power Play: The New, All-Electric Taycan Will Come With A Mighty Thirst. This Charging Technology Will Slake İt. *IEEE Spectr.*30–37.
- Chou C., And Fortin, P.A. (2018). Liquid-Cooled Charging Connector. *International Patent.*
- Xue, X.D., Cheng K.W.E. And Cheung, N.C. (2008). Selection Of Electric Motor Drives For Electric Vehicles. *2008 Australasian Universities Power Engineering Conference.* 1-6.
- Lulhe, A.M.; Date, T.N. (2015). A Technology Review Paper For Drives Used İn Electrical Vehicle (Ev) & Hybrid Electrical Vehicles (Hev). *In Proceedin-*



*gs Of The 2015 International Conference On Control, Instrumentation, Communication And Computational Technologies.* 18–19.

- Rajashekara, K. (2013). Present Status And Future Trends In Electric Vehicle Propulsion Technologies. *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Power Electron*, 1, 3–10.
- Jose, C.P.; Meikandasivam, S. (2017). A Review On The Trends And Developments In Hybrid Electric Vehicles. In *Innovative Design And Development Practices In Aerospace And Automotive Engineering*; Springer: Singapore. 211–229.
- Bharadwaj, N.V.; Chandrasekhar, P.; Sivakumar, M. (2020). Induction Motor Design Analysis For Electric Vehicle Application. *Aip Conf. Proc.* 2269, 10–14.
- Loganayaki, A.; Bharani Kumar, R. (2019). Permanent Magnet Synchronous Motor For Electric Vehicle Applications. *Proceedings Of The 2019 5th International Conference On Advanced Computing & Communication Systems (Icacacs)*. 1064–1069.
- Ozpineci, B. Oak (2014). Ridge National Laboratory Annual Progress Report For The Power Electronics And Electric Motors Program.
- URL-8: N. M. Company, Nissan Leaf. (2021). [https://en.wikipedia.org/wiki/Nissan\\_Leaf](https://en.wikipedia.org/wiki/Nissan_Leaf). (ET: 01.11.2022)
- Thakar, D.U.; Patel, R.A. (2019). Comparison Of Advance And Conventional Motors For Electric Vehicle Application. In *Proceedings Of The 2019 3rd International Conference On Recent Developments in Control, Automation & Power Engineering (Rdcap)*. 137–142.
- Un-Noor F., Padmanaban, S., Mihet-Popa, L., Mollah M., And Hossain, E. (2017). A Comprehensive Study Of Key Electric Vehicle (Ev) Components, Technologies, Challenges, Impacts, And Future Direction Of Developmen. *Energies*, 1217.
- Zeraoulia, M., Benbouzid M. E. H., And Diallo D., (2006). Electric Motor Drive Selection Issues For Hev Propulsion Systems: A Comparative Study. *IEEE Transactions On Vehicular Technology*. 1756- 1764.
- Bhatt, P., Mehar H., And Sahajwani, M. (2019). “Electrical Motors For Electric Vehicle – A Comparative Study. *Ssrn Electronic journa, Elsevierl*.
- Ronanki, D.; Kelkar, A.; Williamson, S.S. Extreme (2019). Fast Charging Technology—Prospects To Enhance Sustainable Electric Transportaion. *Energies* 372
- López, I.; Ibarra, E.; Matallana, A.; Andreu, J.; Kortabarria, I. (2019). Next Generation Electric Drives For Hev/Ev Propulsion Systems: Technology, Trends And Challenges. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 114.



- Suarez, C.; Martinez, W. (2019). Fast And Ultra-Fast Charging For Battery Electric Vehicles—A Review. *Proceedings Of The 2019 IEEE Energy Conversion Congress And Exposition (Ecce)*. 569–575.
- Sanguesa, J.A., Torres-Sanz, V., Garrido, P., Martinez, F.J., Marquez-Barja, J.M. (2021). A Review On Electric Vehicles: Technologies And Challenges. *Smart Cities*
- Karki, A., Phuyal, S., Tuladhar, D., Basnet, S., Shrestha, B.P. (2020). Status Of Pure Electric Vehicle Power Train Technology And Future Prospects. *Appl. Syst. Innov.* 35.
- Wahid, M.R., Budiman, B.A., Joelianto, E., Aziz, M. A. (2021) Review on Drive Train Technologies for Passenger Electric Vehicles. *Energies* 2021, 14, 6742
- TIRUNAGARI, S., GU, M., MEEGAHAPOLA, L., (2022). Reaping the Benefits of Smart Electric Vehicle Charging and Vehicle-to-Grid Technologies: Regulatory, Policy and Technical Aspects”, VOLUME 10, 2022, *IEEE Access*
- Noel, L., Papu Carrone, A., Jensen, A.F., Zarazua de Rubens, G., Kester, J., and Sovacool, B. K. (2019). “Willingness to pay for electric vehicles and vehicle-to-grid applications: A Nordic choice experiment,” *Energy Econ.*, vol. 78, pp. 525–534, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.eneco.2018.12.014.
- URL-9: Innovation Outlook: Smart Charging for Electric Vehicles, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2019’[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA\\_Innovation\\_Outlook\\_EV\\_smart\\_charging\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Innovation_Outlook_EV_smart_charging_2019.pdf). (E.T.: 01.11.2022)
- Noel, L., de Rubens, G.Z., Kester, J., and Sovacool, B.K., (2019). “History, definition, and status of V2G,” in *Vehicle-to-Grid.*, Switzerland: Springer, 2019, pp. 1–31, doi: 10.1007/978-3-030-04864-8\_1.
- Zeng, B., Feng, J., Zhang, J., and Liu, Z. (2017). “An optimal integrated planning method for supporting growing penetration of electric vehicles in distribution systems,” *Energy*, vol. 126, pp. 273–284, May 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.03.014
- URL-10: Electric-Vehicle Smart Charging—Innovation Landscape Brief, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2019, pp. 1-24 [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA\\_EV\\_Smart\\_Charging\\_2019.pdf?rev=ce97a59bf5314e1dafce7bdcaa72fa88](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_EV_Smart_Charging_2019.pdf?rev=ce97a59bf5314e1dafce7bdcaa72fa88). (E.T.: 01.11.2022)
- Lopes, A. P., Soares, F. J., Almeida, P. M., and Silva, M. M. (2009) .“Smart charging strategies for electric vehicles: Enhancing grid performance and maximizing the use of variable renewable energy resources,” in *Proc. EVS24 Int. Battery, Hybrid Fuel Cell EV Symp.*, May 2009, pp. 1–11.

- Jones, L., Lucas-Healey, K., Sturmberg, B., Temby, H., and Islam, M. (2021) “ANU ARENA Project: A comprehensive analysis of vehicle-to-grid technology worldwide,” Austral. Nat. Univ., Canberra, ACT, Australia, <https://arena.gov.au/assets/2021/01/revs-the-a-to-z-of-v2g.pdf>
- URL-11: Virta Global, «Vehicle to grid (V2G): Everything you need to know,» 2022. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g>, (E.T.: 01.11.2022)
- URL-12: IEEE, «Vehicle to Grid (V2G) Technology,» 2022. [Çevrimiçi]. Available: <https://innovationatwork.ieee.org/vehicle-to-grid-v2g-technology/>, (E.T.: 01.11.2022)
- URL-13: K. K. Abhay Barnard Britto, «Why do we need vehicle to grid technology?,» 2022. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.elektrobit.com/trends/vehicle-to-grid-technology/>, (E.T.: 01.11.2022)
- Kuruvilla, V., Kumar P. V., and Selvakumar, A.I. (2022). “Challenges And Impacts of V2g Integration -A Review,” 2022 8th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), 2022, pp. 1938-1942, doi: 10.1109/ICACCS54159.2022.9785095.
- Ganesh, T., Shanmukha Rao, L. (2020). “Performance Analysis of Plug-in Electric Vehicle Supported DVR for Power-Quality Improvement and Energy Back-Up Strategy”, International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-6, March 2020
- Elnozahy M., and Salama, M. (2014). “A comprehensive study of the impacts of PHEVs on residential distribution networks,” 2014 IEEE PES General Meeting | Conference & Exposition, 2014, pp. 1-1, doi: 10.1109/PESGM.2014.6939045.
- Dias, F.G., Mohanpurkar, M., Medam, A., Scofield D., and Hovsapian, R. (2018). “Impact of controlled and uncontrolled charging of electrical vehicles on a residential distribution grid,” 2018 IEEE International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS), 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/PMAPS.2018.8440511.
- URL-14: What are the types of Electric Vehicles?, <https://aargoev.com/what-are-the-types-of-electric-vehicles/>, (ET: 01.11.2022)
- URL-15: Hybrid EV types, <https://www.linkedin.com/pulse/hybrid-electric-vehicle-types-shradha-jadhavEA tablosu>, (ET: 01.11.2022)
- URL-16: Electric Vehicle database, <https://ev-database.org/#sort:path~type~order=.rank~number~desc|range-slider-range:prev~next=0~1200|range-slider-acceleration:prev~next=2~23|range-slider-topspeed:prev~next=110~350|range-slider-battery:prev~next=10~200|range-slider-towweight:prev~next=0~2500|range-slider-fastcharge:prev~next=0~1500|paging:currentPage=1|paging:number=9> (ET: 01.11.2022)
- URL-17: T. Delf, «Electric cars: Technology,» TU Delf, 2021. [https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/eCARS2x\\_Lecture\\_Notes\\_L3-/](https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/eCARS2x_Lecture_Notes_L3-/), ET:01.11.2022

- URL-18: Otomotiv distribütörleri derneği raporu Basın bülteni, 2 Aralık 2022, Dr. Hayri Erce. <https://www.odd.org.tr/folders/2837/categorialldocs/3325/ODMD%20Bas%C4%B1n%20Bulteni%202%20Aral%C4%B1k%202022.pdf>, (E.T.: 01.11.2022)
- Brenna, M., Foiadelli, F., Leone, C. (2020). Electric Vehicles Charging Technology Review and Optimal Size Estimation. *J. Electr. Eng. Technol.* 15, 2539–2552 (2020). <https://doi.org/10.1007/s42835-020-00547-x>
- URL-19: TEHAD web sitesi, <https://www.tehad.org/2022/07/08/2022-yili-ilk-6-ayinda-satilan-elektrikli-ve-hibrid-otomobil-satis-rakamlari/> (E.T.: 01.12.2022)
- Eğin, G., (2019), “*Elektrikli Araçların Batarya Sistemlerinde Isı Yönetimi*”, Gamze EĞİN”, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.



“

## **Bölüm 5**

**SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİNİ  
TEK DEĞERLE ÖZETLEYEN ROZA  
ÖLÇÜTÜYLE UYKU EVRELEME  
SİSTEMLERİN DEĞERLENDİRMESİ**

*Mesut MELEK<sup>1</sup>*

*Negin MELEK<sup>2</sup>*

”

---

<sup>1</sup>Elektronik ve Otomasyon Bölümü Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane,  
Türkiye mesutmelek@gumushane.edu.tr

<sup>2</sup> Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Giresun Üniversitesi, Giresun, Türkiye  
negin.melek@giresun.edu.tr

## I. GİRİŞ

Genel olarak doğruluk oranı, bir sınıflandırma sisteminin performansını değerlendirmek için kullanılan en popüler ölçüttür. Bu oran, sistemin doğru tespit ettiği örnek sayısının, doğru ve yanlış tespit edilen örnek sayısına bölünmesi ile elde edilir. Sınıflardaki örnek sayısı eşit olduğunda doğruluk oranı sistemin performansını ölçmek için doğru ve yeterli bir ölçüdür. Bu durumda iki sistem arasında yüksek doğruluk oranına ulaşan sistem daha başarılı kabul edilir. Ancak uyku skorlama sistemleri gibi, sınıflardaki örnek sayısının eşit olmadığı sistemlerde doğruluk oranı yeterli değildir. Bu sorunla başa çıkmak için araştırmacılar, sistemlerinin başarısını ölçmek ve diğerleriyle karşılaştırmak için duyarlılık, özgüllük, Kappa değeri ve F-ölçüsü gibi çeşitli ölçütler kullanırlar. Ancak bir sistemin başarısını başka bir sisteme göre ölçmek kolay değildir. Çünkü bir sistem bu ölçütlerin bazılarında diğer sistemlere göre daha başarılı iken bazı ölçütlerde başarılı olamayabilir. Bu sorun uyku evreleme sistemlerinde de kendini bariz bir şekilde göstermektedir.

Uyku evrelerinin sınıflandırılması uyku problemlerinin tanı ve tedavisi için çok önemlidir. Böylece elektroensefalografi (EEG), elektromiyografi (EMG) ve elektrookülografi (EOG) gibi çeşitli biyolojik sinyaller uyku sırasında kaydedilir ve genellikle 30 saniyelik bölümlere bölünür. Daha sonra uzmanlar tarafından tek tek incelenir ve uyku evrelerine ayrılır. Sınıflandırma işleminin doğruluğunu artırmak için bazen iki hatta üç biyolojik sinyal birlikte kaydedilir. Çoklu biyolojik sinyal kaydı, hastanın konfor sınırlamaları nedeniyle düşük kaliteli sinyal kaydına neden olabilir [1]. Bu yüzden uzmanlar uyku skorlama işlemini tek bir sinyal kaydı ile yapmaya çalışıyorlar. Biyolojik sinyallerden EEG, kolay kayıt ve düşük maliyet gibi avantajları nedeniyle uyku skorlama sistemlerinde diğer biyolojik sinyallere göre daha fazla tercih edilmektedir. Bu konuda son zamanlarda literatürde sadece bir EEG elektrotu ile uyku evrelerinin sınıflandırılması üzerine birçok çalışma yapılmıştır.

Uyku skorlama sistemlerinde Rechtschaffen ve Kales (R&k) standardı ve Amerikan Uyku Tıbbi Akademisi (AASM) standardı olmak üzere iki farklı standart bulunmaktadır. R&K standardına [2] göre uyku altı aşamaya ayrılır: bir REM (hızlı göz hareketi) ve dört NonREM (hızlı göz hareketi olmayan) aşaması. NREM1 ve NREM2 yüzeysel uyku, NREM3 ve NREM4 derin uyku ve REM paradoksal uyku olarak bilinir. Bu aşamalara bir uyanıklık durumu eklendiğinde uyku skorlama sisteminde altı sınıflı bir problem ortaya çıkmaktadır. 2007 yılında, R&k standardı güncellendi ve dünya çapında AASM standardı kabul edildi. Bu standarda göre uyku evreleri uyanıklık, NREM 1, 2, 3 ve REM evrelerine ayrılmıştır [3].

Her aşamada, EEG sinyali farklı özellikler gösterir ve uzmanlar bu özelliklere göre dönemleri sınıflandırır. Uyku evrelerini sınıflandırmak için klinik yöntem, bir uzman tarafından 30 saniyelik dönemleri ayrı ayrı incelemektir. Bu süreç çok yorucu, zaman alıcı ve hataya açık bir yöntemdir [4]. Ayrıca uzmanın tecrübesine bağlı olduğu için bazen bir dönem iki uzmana göre farklı aşamalara ayrılabilir. Ayrıca görsel değerlendirme tekniğinin doğruluk oranı %90'ın altındadır [5]. Böylece uyku evrelerinin yazılım destekli sınıflandırılması bu süreci hızlandıracak ve doğruluğuna önemli ölçüde katkıda bulunacaktır [6]. Literatürde uyku evrelerinin sınıflandırılması için EEG [7] ve EKG [8] temelli birçok çalışma bulunmaktadır.

Uyku skorum sistemi evreleri gece boyunca eşit şekilde gerçekleşmez. Yani her aşamanın örnek sayısı diğerlerinden farklıdır. Bu nedenle, doğruluk oranı bu sistemlerin performansını değerlendirmek için yeterli değildir. Bu konuyu ele almak için, bu alandaki araştırmacılar, doğruluk oranına ek olarak, bahsedilen diğer ölçütleri de kullanırlar. Hatta son yıllarda NREM1 aşamasının hassasiyeti bu sistemlerde bir ölçü olarak önemli bir rol oynamıştır. Nörofizyolojik olarak, NREM1 aşaması bir geçiş aşamasıdır ve uyanıklık ile uykunun bir karışımıdır. Bu nedenle, NREM1 aşamasının sınıflandırılması, uyku skorum sistemlerinde bir araştırma zorluğudur [9]. Ancak bir sistemin diğerine üstünlüğü bahsedilen ölçütlere göre belirlenemez. Ayrıca, bir aşamanın hassasiyetine bakarak sistemin başarılı olduğu söylenemez çünkü her zaman net görünmese de sistemler belirli bir aşamanın hassasiyetini artırmak için genellikle diğer aşamaların hassasiyetini ödünç alır.

Sınıflandırma sistemlerini tüm boyutlardan incelemek ve sonucu net bir şekilde tek bir değerle ifade edebilmek oldukça önemlidir. Bu amaçla, önceki çalışmamızda [10], Roza metriğini tanımladık. Bu metrik sayesinde sınıflandırma sistemlerinin performansı tek bir değerle ölçülür ve sistemler arasında kolaylıkla karşılaştırma yapılır. Bu çalışmada ise, bu ölçüt aracılığıyla, uyku skorum sistemleri arasında adil bir karşılaştırma yaptık. Sonuçlar, bazı çalışmaların yüksek doğruluklara ulaşmasına rağmen, Roza ölçütüne göre diğer çalışmalardan daha başarısız ve aksine bazı çalışmaların doğruluk oranlarının çok yüksek olmamasına rağmen daha başarılı oldukları görüldü.

Bu çalışmanın geri kalanı bu şekilde organize edilmiştir; çalışmanın 2. Bölümü (Malzemeler ve Yöntem), Roza ölçütünü özetlemektedir. Roza metriği ile ilgili sonuçlar ve tartışmalar sırasıyla Bölüm 3 ve 4'te verilmiştir. Son olarak, sonuçlar Bölüm 5'te sunulmuştur.

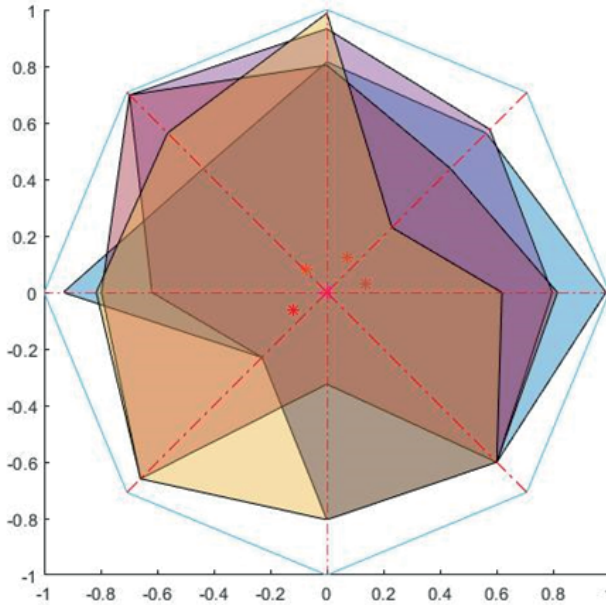
## II. MALZEMELER VE YÖNTEM

### A. Roza Ölçütü

Roza ölçütün hesaplanması için, sınıflandırma sistemin performansını hesaplayan ölçütler sayısı kadar Çapı 2 birim olan düzenli bir çokgen düşünülür. Örneğin, bir sistem için altı ölçüt hesaplanmışsa, Şekil 1’ de gösterildiği gibi, Her bir yarıçapı bir ölçüt için ihtisas edilir ve [0 1] aralığında hesaplanan ölçütün değeri bir noktayla yarıçap üzerinde gösterilir ve böylelikle, bir düzensiz çokgen oluşturulur.

Roza değerinin hesaplanması üç adımda gerçekleşmektedir. İlk adımda, oluşan düzensiz çokgenin alanı hesaplanarak, düzenli çokgenin alanına bölünür. Elde edilen bu değer genel çokgenin normalize edilmiş alanı (GÇNA) olarak isimlendirilir. İkinci adımda, GÇNA değerinin oranı düzensiz çokgenin ağırlık merkezinin orijinden mesafesine göre hesaplanır. Son olarak, tüm permütasyonlar için bu oranın ortalaması alınır ve böylelikle, Roza değeri hesaplanır. Şekil 1, sekiz ölçütten oluşan düzenli sekizgeni ve dört farklı permütasyon için oluşan düzensiz sekizgenleri ve onların ağırlık merkezlerini göstermektedir. Roza metriği aşağıdaki formülle tanımlanabilir:

$$\text{Roza} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{G\check{C}NA_i}{AM_i} \quad (1)$$



Şekil 1. Düzenli çokgen ve dört farklı permütasyonda düzensiz çokgenler ve onların ağırlık merkezleri [10]



Burada N permütasyon sayısı, GÇNA genel çokgenin normalleştirilmiş alanı ve AM ise, düzensiz çokgenin ağırlık merkezinin orijinden mesafesidir. Bu şekilde, başarılı bir sistem küçük bir AM'ye ve büyük bir GÇNA'ya sahip olmalıdır. Küçük bir AM, sistemin kullanılan tüm metriklere eşit davranması gerektiğini ve yüksek bir GÇNA'nın sistemin kullanılan tüm metriklerde başarılı olması gerektiğini belirtir. Böylece, Roza değeri daha yüksek olan sistem, diğer sistemlere göre daha başarılı sayılacaktır.

Roza metriği yüksek olan sistem her zaman diğer sistemlerden daha başarılı kabul edilir. Başka bir değişle,  $1/\text{Roza}$  değeri 0'a yakın olan bir sistem diğer sistemlerden daha başarılıdır. Ancak bir sayıyı 0'a bölmek tanımsız olduğundan ideal bir sistemin AM'si 0 olduğundan Roza metriği ideal bir sistem için hesaplanamaz. Bu durumda  $1/\text{Roza}$  değeri 0'a eşit olacaktır. Bu çalışmada, tüm aşamalarda Roza metriğine ek olarak  $1/\text{Roza}$  metriği de hesaplanmıştır.

### III. BULGULAR

Adil bir karşılaştırma sağlamak için sistemler aynı koşullar altında test edilmelidir. Bunun için, çalışmaların performansını değerlendirmek için, çalışmalarda kullanılan strateji oldukça önemlidir. Bekletme (Hold-out) stratejisi, sistemlerin performansını değerlendirmek için uyku skorlama çalışmalarında [1] yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu stratejide veri seti eğitim ve test setleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Sınıflandırıcı eğitim seti ile eğitilir ve oluşturulan model test seti ile test edilir. Genel olarak araştırmacılar, sistemlerin kararlılığını göstermek için veri setini birkaç kez harmanlayarak eğitim ve test setleri oluştururlar. Bu durumda, sistem için tüm metriklerin ortalamaları hesaplanır. Diğer yaygın strateji ise, K-Folds Çapraz Doğrulama (K-Folds CV) stratejisidir. Bu stratejide veri seti K parçaya ayrılır. Her parça bir kere test veri rolünü oynar ve diğer parçalar ise eğitim için kullanılır. K değeri 1 olduğunda strateji tek-çıkışlı çapraz doğrulama (LOO-CV) olarak isimlendirilir.

Önerilen sistemleri diğer sistemlere göre değerlendirmek ve karşılaştırmak için uyku skorlama sistemleri üzerinde çalışan araştırmacılar, sıklıkla uyku-EDF, uyku-EDF genişletilmiş [11], St. Vincent's Üniversite Hastanesi ve Üniversite Koleji Dublin (UCDDb) [12], DREAMS denekleri [13] ve ISRUC-Sleep [14] gibi açık erişimli veri setlerini kullanırlar. Belirtilen koşullarla ilgili olarak, son yıllarda yapılan tüm çalışmalar incelenmiş ve sunulan karışıklık matrisleri kullanılarak sistemlerin her aşama için duyarlılıkları, Kappa değeri ve doğruluk oranları hesaplanmıştır. Daha sonra bu ölçütler kullanılarak Roza metriği elde edildi.

Bahsedildiği gibi, R&K standardına göre uyku altı aşamadan oluşmaktadır. S1, S2, S3, S4, R ve W olarak adlandırılan aşamalar, sırasıyla

NREM1, NREM2, NREM3, NREM4, REM ve Uyanıklığı temsil ediyor. Altı aşamalı uyku sınıflandırma işleminde, Kappa değeri, doğruluk oranı ve altı aşamanın hassasiyeti Roza Metriğinin hesaplanmasında kullanıldı. Ayrıca, her çalışma için, 1/Roza değeride hesaplandı. Bu durumda genel çokgen sekizgendir. Beş aşamalı AASM uyku sınıflandırması durumunda ise genel poligon yedigen olacaktır.

Tablo 1, yakın yıllarda yapılan altı aşamalı uyku sınıflandırma durumunun sonuçlarını sunmaktadır. Sonuçlar, çalışmalarda verilen karışıklık matrislerine göre hesaplanmıştır. Tablo da hesaplanan metriklerin yanı sıra, çalışmada kullanılan veri kümesini, veri kümesinde yer alan örnek sayısını, kullanılan kanalı ve stratejiyi de belirlemektedir. Görüldüğü gibi, strateji koşulları eşit olan çalışmaların kıyaslanması Roza metriğiyle kolaylıkla yapılabilir. Tablo 2, beş aşamalı uyku sınıflandırma durumunun sonuçlarını sunmaktadır. AASM standardına göre yapılan çalışmalar temel alınarak Roza metriği hesaplanmıştır.

Önceki çalışmamızda, sınıflandırma sistemlerinin performansını tek değerle özetleyen bir adil ve doğru ölçüt önerdik. Roza adı verdiğimiz bu ölçüt, yaygın sınıflandırma sistemlerinde kullanılan metrikleri kullanarak, sistemi birçok açıdan değerlendirir ve böylelikle sistemlerin kıyaslamasını kolaylaştırır. Karşılaştırması zor olan sistemlerden biri, uyku evreleme sistemleridir. Literatürde bu alanda birçok çalışmaya rastlamaktayız. Sistemlerin değerlendirilmesinde kullanılan ölçütler genelde doğruluk oranı ve Kappa değeridir. Ancak bu ölçütler sınıflar arası denge olmadığı zaman adil ve doğru değiller. Bunun için, bu çalışmada Roza ölçütüyle literatürde mevcut çalışmaların performansı değerlendirildi. Adil ve doğru değerlendirme yapabilmek için, çalışmalarda kullanılan veri seti, strateji, sınıf sayısı, ve kanal adına dikkat edildi. Sonuçlar sistemlerin değerlendirilmesinde kullanılan doğruluk oranı veya Kappa değerinin yeterli olmadığını göstermektedir.

#### IV. SONUÇ

Genel olarak, bu çalışmada sınıflandırma sistemleri için kullanılan çok kapsamlı, adil ve doğru bir ölçümle, literatürde bulunan aynı koşullar altında test edilmiş uyku skorlama sistemleri değerlendirildi. Sistemlerin karşılaştırılmasını kolaylaştıran bu metrik, birçok metriğin özetini tek bir değerle ifade eder. Bu sayede bu sistemlerin performansı tek bir değerle özetlenir. Roza metriği, bir sistemi tek bir boyuttan ziyade birçok boyutta inceler ve sistemi tek bir değer olarak özetler.

## KAYNAKÇA

- [1] G. Zhu, Y. Li, and P. P. Wen, "Analysis and classification of sleep stages based on difference visibility graphs from a single-channel EEG signal," *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics*, vol. 18, no. 6, pp. 1813–1821, Nov. 2014, doi: 10.1109/JBHI.2014.2303991.
- [2] A. Rechtschaffen and Kales, A., "A manual for standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages in human subjects," *Brain Inf. Serv.*, 1968.
- [3] IBER and C., "The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events : Rules," *Terminol. Tech. Specif.*, vol. 1, no. American Academy of Sleep Medicine, 2007, Accessed: Dec. 06, 2020. [Online]. Available: <https://ci.nii.ac.jp/naid/10024500923>.
- [4] B. Boashash and S. Ouelha, "Automatic signal abnormality detection using time-frequency features and machine learning: A newborn EEG seizure case study," *Knowledge-Based Syst.*, vol. 106, pp. 38–50, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.knosys.2016.05.027.
- [5] T. Penzel and R. Conradt, "Computer based sleep recording and analysis," *Sleep Med. Rev.*, vol. 4, no. 2, pp. 131–148, Apr. 2000, doi: 10.1053/smr.1999.0087.
- [6] Y. Li, M. L. Luo, and K. Li, "A multiwavelet-based time-varying model identification approach for time-frequency analysis of EEG signals," *Neurocomputing*, vol. 193, pp. 106–114, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.neucom.2016.01.062.
- [7] S. Dhok, V. Pimpalkhute, A. Chandurkar, A. A. Bhurane, M. Sharma, and U. R. Acharya, "Automated phase classification in cyclic alternating patterns in sleep stages using Wigner–Ville Distribution based features," *Comput. Biol. Med.*, vol. 119, p. 103691, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.compbiomed.2020.103691.
- [8] M. Sharma, S. Agarwal, and U. R. Acharya, "Application of an optimal class of antisymmetric wavelet filter banks for obstructive sleep apnea diagnosis using ECG signals," *Comput. Biol. Med.*, vol. 100, pp. 100–113, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.compbiomed.2018.06.011.
- [9] A. R. Hassan and M. I. H. Bhuiyan, "A decision support system for automatic sleep staging from EEG signals using tunable Q-factor wavelet transform and spectral features," *J. Neurosci. Methods*, vol. 271, pp. 107–118, Sep. 2016, doi: 10.1016/j.jneumeth.2016.07.012.
- [10] M. Melek and N. Melek, "Roza: a new and comprehensive metric for evaluating classification systems," <https://doi.org/10.1080/10255842.2021.1995721>, 2021, doi: 10.1080/10255842.2021.1995721.
- [11] B. Kemp, A. H. Zwinderman, B. Tuk, H. A. C. Kamphuisen, and J. J. L. Oberyé, "Analysis of a sleep-dependent neuronal feedback loop: The

- slow-wave microcontinuity of the EEG,” *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 47, no. 9, pp. 1185–1194, Sep. 2000, doi: 10.1109/10.867928.
- [12] A. L. Goldberger et al., “PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: components of a new research resource for complex physiologic signals,” *Circulation*, vol. 101, no. 23, Jun. 2000, doi: 10.1161/01.cir.101.23.e215.
- [13] “The DREAMS Subjects Database,” 2018. <http://www.tcts.fpms.ac.be/~devuyst/Databases/DatabaseSubjects/> (accessed Dec. 07, 2020).
- [14] S. Khalighi, T. Sousa, J. M. Santos, and U. Nunes, “ISRUC-Sleep: A comprehensive public dataset for sleep researchers,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 124, pp. 180–192, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.cmpb.2015.10.013.
- [15] S. Seifpour, H. Niknazar, M. Mikaeili, and A. M. Nasrabadi, “A new automatic sleep staging system based on statistical behavior of local extrema using single channel EEG signal,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 104, pp. 277–293, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.eswa.2018.03.020.
- [16] S. Abdulla, M. Diyk, R. L. Laft, K. Saleh, and R. C. Deo, “Sleep EEG signal analysis based on correlation graph similarity coupled with an ensemble extreme machine learning algorithm,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 138, p. 112790, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.eswa.2019.07.007.
- [17] M. Diyk, Y. Li, and S. Abdulla, “EEG sleep stages identification based on weighted undirected complex networks,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 184, p. 105116, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.cmpb.2019.105116.
- [18] H. Ghimatgar, K. Kazemi, M. S. Helfroush, and A. Aarabi, “An automatic single-channel EEG-based sleep stage scoring method based on hidden Markov Model,” *J. Neurosci. Methods*, vol. 324, p. 108320, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.jneumeth.2019.108320.
- [19] T. L. T. da Silveira, A. J. Kozakevicius, and C. R. Rodrigues, “Single-channel EEG sleep stage classification based on a streamlined set of statistical features in wavelet domain,” *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 55, no. 2, pp. 343–352, Feb. 2017, doi: 10.1007/s11517-016-1519-4.
- [20] R. Sharma, R. B. Pachori, and A. Upadhyay, “Automatic sleep stages classification based on iterative filtering of electroencephalogram signals,” *Neural Comput. Appl.*, vol. 28, no. 10, pp. 2959–2978, Oct. 2017, doi: 10.1007/s00521-017-2919-6.
- [21] M. Sharma, D. Goyal, P. V. Achuth, and U. R. Acharya, “An accurate sleep stages classification system using a new class of optimally time-frequency localized three-band wavelet filter bank,” *Comput. Biol. Med.*, vol. 98, pp. 58–75, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.combiomed.2018.04.025.
- [22] P. Memar and F. Faradji, “A Novel Multi-Class EEG-Based Sleep Stage Classification System,” *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, vol. 26, no. 1, pp. 84–95, Jan. 2018, doi: 10.1109/TNSRE.2017.2776149.

- [23] Q. Wang, D. Zhao, Y. Wang, and X. Hou, “Ensemble learning algorithm based on multi-parameters for sleep staging,” *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 57, no. 8, pp. 1693–1707, Aug. 2019, doi: 10.1007/s11517-019-01978-z.
- [24] O. Yildirim, U. Baloglu, and U. Acharya, “A Deep Learning Model for Automated Sleep Stages Classification Using PSG Signals,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 16, no. 4, p. 599, Feb. 2019, doi: 10.3390/ijerph16040599.

*Tablo 1. Altı aşamalı uyku sınıflandırma durumu için farklı çalışmalardan elde edilen sonuçlar*

| Çalışma | Veri seti    | Strateji       | Dilim Sayısı | Kanal  | Kappa  | D. O.  | Has. S1 | Has. S2 | Has. S3 | Has. S4 | Has. R | Has. W | Av. GCNA | Av. AM | Roza    | I/Roza |
|---------|--------------|----------------|--------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|
| [15]    | Sleep-EDF    | HO CV<br>50-50 | 15186        | Fpz-Cz | 0.8525 | 0.9055 | 0.4106  | 0.9117  | 0.5863  | 0.7994  | 0.8472 | 0.9863 | 0.6154   | 0.1109 | 7.4188  | 0.1348 |
| [15]    | Dreams       | HO CV<br>50-50 | 20257        | Cz-A1  | 0.7709 | 0.8344 | 0.3790  | 0.9040  | 0.4860  | 0.8811  | 0.9271 | 0.8286 | 0.5593   | 0.1170 | 7.4622  | 0.1340 |
| [16]    | UCDDB        | HO CV<br>50-50 | 5160         | C3-A2  | 0.8771 | 0.9204 | 0.8537  | 0.9816  | 0.6219  | 0.6454  | 0.8706 | 0.9679 | 0.7072   | 0.0783 | 15.5716 | 0.0642 |
| [17]    | EDF-Expanded | HO CV<br>50-50 | 15188        | Pz-Oz  | 0.8951 | 0.9315 | 0.8278  | 0.9420  | 0.8631  | 0.8682  | 0.8696 | 0.9575 | 0.7996   | 0.0263 | 43.6205 | 0.0229 |
| [18]    | EDF-Expanded | LOOCV          | 40100        | Fpz-Cz | 0.6956 | 0.7815 | 0.1833  | 0.8757  | 0.4869  | 0.7085  | 0.8635 | 0.8685 | 0.4592   | 0.1372 | 4.0712  | 0.2456 |
| [18]    | Sleep-EDF    | LOOCV          | 15139        | Fpz-Cz | 0.8104 | 0.8790 | 0.2620  | 0.8799  | 0.2679  | 0.7560  | 0.8888 | 0.9779 | 0.5014   | 0.1633 | 4.9143  | 0.2035 |
| [19]    | EDF-Expanded | 10-F CV        | 106376       | Pz-Oz  | 0.8043 | 0.9046 | 0.0585  | 0.8767  | 0.5145  | 0.6798  | 0.6877 | 0.9929 | 0.4649   | 0.1684 | 3.2881  | 0.3041 |
| [20]    | Sleep-EDF    | 10-F CV        | 15136        | Pz-Oz  | 0.8429 | 0.9002 | 0.1887  | 0.9252  | 0.5238  | 0.8325  | 0.8365 | 0.9924 | 0.5615   | 0.1521 | 4.3797  | 0.2283 |
| [21]    | EDF-Expanded | 10-F CV        | 85900        | ---    | 0.8290 | 0.9149 | 0.4138  | 0.8731  | 0.6550  | 0.8337  | 0.6406 | 0.9886 | 0.5864   | 0.1085 | 7.9484  | 0.1258 |
| [22]    | Sleep-EDF    | 5-F CV         | 15175        | Pz-Oz  | 0.9297 | 0.9549 | 0.6811  | 0.9596  | 0.7843  | 0.9178  | 0.9218 | 0.9968 | 0.7965   | 0.0618 | 16.6050 | 0.0602 |
| [22]    | UCDDB        | 5-F CV         | 20675        | C3-A2  | 0.8384 | 0.8755 | 0.7335  | 0.9313  | 0.5783  | 0.8991  | 0.8751 | 0.9310 | 0.6917   | 0.0709 | 11.5886 | 0.0863 |
| [16]    | EDF-Expanded | HO CV<br>69-31 | 23806        | Pz-Oz  | 0.8992 | 0.9178 | 0.9663  | 0.9754  | 0.8684  | 0.8196  | 0.8678 | 0.9577 | 0.8259   | 0.0323 | 37.7252 | 0.0265 |
| [23]    | Sleep-EDF    | HO CV<br>70-30 | 8233         | Pz-Oz  | 0.9540 | 0.9667 | 0.9516  | 0.9634  | 0.9562  | 0.9680  | 0.9006 | 0.9827 | 0.9127   | 0.0149 | 66.6955 | 0.0150 |
| [24]    | Sleep-EDF    | HO CV<br>85-15 | 15188        | Fpz-Cz | 0.8369 | 0.8951 | 0.3472  | 0.8577  | 0.5978  | 0.8519  | 0.8142 | 0.9884 | 0.5933   | 0.1180 | 6.0401  | 0.1656 |

**Tablo 2.** Beş aşamalı uyku sınıflandırması vakası için AASM standardına dayalı çalışmalardan elde edilen sonuçlar

| Çalışma | Veri seti | Strateji       | Dilim Sayısı | Kanal | Kappa  | D. O.  | Has. S1 | Has. S2 | Has. S3 | Has. R | Has. W | Av. GÇNA | Av. AM | Roza    |
|---------|-----------|----------------|--------------|-------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|----------|--------|---------|
| [15]    | DREAMS    | HO CV<br>50-50 | 20257        | Cz-A1 | 0.7709 | 0.8331 | 0.2973  | 0.8841  | 0.8393  | 0.8258 | 0.9369 | 0.5858   | 0.1309 | 4.5792  |
| [18]    | DREAMS    | LOOCV          | 20265        | Cz-A1 | 0.7291 | 0.8035 | 0.1432  | 0.8741  | 0.7729  | 0.8271 | 0.9281 | 0.5162   | 0.1577 | 3.3541  |
| [18]    | ISRUC     | LOOCV          | 8883         | C3-A2 | 0.6892 | 0.7594 | 0.4102  | 0.7868  | 0.7902  | 0.8164 | 0.8723 | 0.5326   | 0.0944 | 5.9894  |
| [17]    | ISRUC     | HO CV<br>50-50 | 16226        | C3-A2 | 0.9241 | 0.9417 | 0.8691  | 0.9450  | 0.9292  | 0.9242 | 0.9812 | 0.8660   | 0.0210 | 49.6501 |
| [18]    | ISRUC     | LOOCV          | 8883         | C3-A2 | 0.7086 | 0.7755 | 0.3304  | 0.8141  | 0.8300  | 0.8675 | 0.8743 | 0.5467   | 0.1169 | 4.8609  |





“

## **Bölüm 6**

**MENDERESLİ AKARSU VE DERİN  
DENİZ SİNÜS KANAL SİSTEMLERİ  
ARASINDAKİ BENZERLİKLER VE  
FARKLILIKLAR**

*Onur ALKAÇ<sup>1</sup>*

”

---

<sup>1</sup> Dr. Arş. Gör. Onur ALKAÇ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji  
Mühendisliği Bölümü, Elazığ/TÜRKİYE ORCID NO: 0000-0003-3555-3927

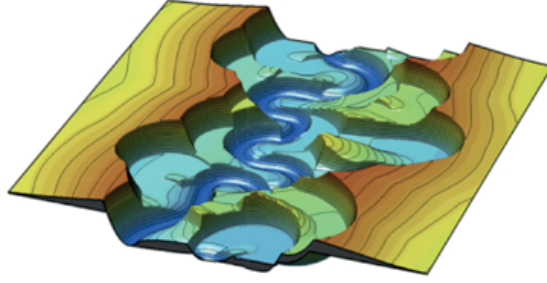
## 1. GİRİŞ

Menderesli akarsu ve derin denizel sinüs kanal sistemleri, oluşum koşulları ve ortamları bakımından birbirlerinden oldukça farklıdır (Reineck ve Singh, 1990). Menderesli sistemler akarsular vasıtasıyla sedimanların düşük açıya sahip kıtasal havzalar içerisinde taşınması sonucunda meydana gelirken (Tyler, 1988; Miall, 1996, 2002), derin denizel sinüs kanalları ise türbiditik akıntılar vasıtasıyla sarp yamaç, şelf kenarı ve derin denizel havza içerisine taşınarak oluşmaktadır (Schumm, 1981; Miall, 1996; Cronin vd., 2005; Kolla vd., 2007). Günümüzde farklı ortamlara ait bu iki sistemin, özellikle morfolojik ve sedimantolojik benzerliklerinin saptanması, sedimanter ortamların paleocoğrafyasının ortaya çıkarılması konusunda oldukça önemlidir (Mayal ve O'Bryne, 2002; Abreu vd, 2003; Deptuck vd., 2003; Posamentier ve Kolla, 2003). Ayrıca derin denizel sinüs kanal sistemlerinde türbiditik akıntılarla taşınmış kumtaşı fasiyeslerinin hidrokarbon potansiyeli açısından yüksek rezervuar kayaç gelişimine sahip olması, aynı şekilde menderesli akarsu sistemlerinde, nehir akıntılarıyla taşınan ince taneli sedimanların menderes sistemlerinin taşkın setlerinde kalın bir istif oluşturması da benzer olarak hidrokarbon potansiyeli açısından zengin bir ortam oluşturmaktadır (Samuel vd., 2003; Wynn vd., 2007; Kolla vd., 2007). Böylece bu çalışmada hem menderesli akarsu hem de derin denizel sinüs kanal sistemlerine ait çökelilerin hidrodinamik karakterleri, akış türleri, sedimantolojik özellikleri ve her iki sistemi kontrol eden faktörleri karşılaştırmak amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında geçmişten günümüze yapılmış olan çalışmaların araştırmaları derlenerek, arazi gözlemleriyle desteklenmiş olup elde edilen veriler menderesli akarsu ve derin denizel sinüs kanal sistemleri üzerinde karşılaştırılmış, iki farklı sistem arasındaki benzerlikler ve farklılıklar bu bölümde sunulmuştur.

## 2. MENDERESLİ AKARSU SİSTEMLERİNE AİT PROSESLER

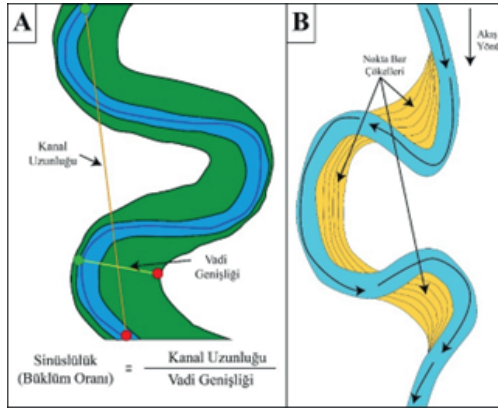
### 2.1. Menderesli akarsu sistemlerinin morfolojisi ve iç yapısal özellikleri

Menderesli akarsu sistemleri (MAS) akıntı boyunca hızlarının eşit olmayan biçimde dağılmalarına bağlı olarak, çengelli ya da sinüs adı verilen geniş ya da dar bükümlü, dolambaçlı morfolojiye sahiptir (Jackson, 1976; Damuth vd., 1983; Ethridge ve Schumm 2007; Kolla vd., 2007; Slyvester vd., 2010; Şekil 1).



**Şekil 1.** Menderesli akarsu sistemlerinde gözlenen bükümlerin üç boyutlu görüntüsü (Sylvester vd., 2011).

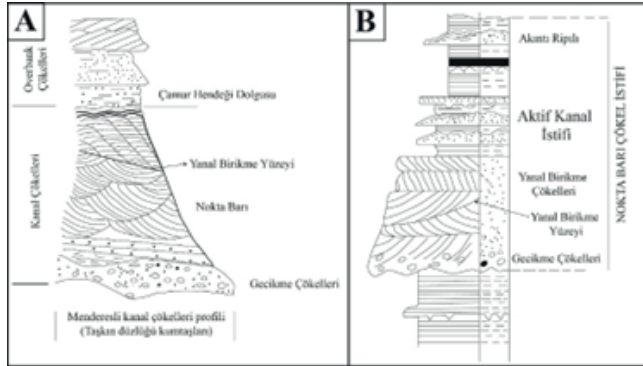
Menderes morfolojisi belirgin olarak asimetriktir ve yüksek akış hızının etkisinde oluşan aşındırmalarla akarsuyun en derin olduğu yerde yarma kenarı olarak da adlandırılan en dış kenar gelişirken (Kolla vd., 2001, 2007), bu durumun aksine, düşük eğimli ve akış hızının en düşük olduğu yerde ise iç kenar oluşmaktadır (Kolla vd., 2001). MAS'ın dış ve iç kenarlardan oluşan bu morfolojisine büküm ya da sinüs adı verilmektedir (Reineck ve Singh, 1990). Bükümlerin büyüklüğü hesaplanırken; menderesin uzunluğunun genişliğine oranı kullanılmaktadır (Şekil 2a; Kolla vd., 2001). İyi gelişmiş MAS çökellerinin oranı  $\geq 2.5$ 'dir (Wormleaton vd., 2005; Yu, 2006). Bu sistemler sürekli olarak yüksek boşaltım karakterine sahiptir ve bu tip ortamlarda akış, düşük eğime sahip yüzeylerde gerçekleşir (Sikkima ve Wojcik, 2000; Wonham vd., 2000; Kolla vd., 2001). Kolla vd. (2007) bu akarsu tipinin, bir kenarından kesik, diğer kenarına doğru ise teğet bir istif oluşturduğunu ve böylece akarsuyun akış yönünün aşağıya veya yukarıya doğru olup olmadığını tespiti için kullanıldığını tanımlamışlardır. Bu kapsamda menderes gelişimi boyunca çökellerin yanal yönde ve akıntı aşağısına doğru yayılıma sahip oldukları gözlenmektedir (Damuth vd., 1983; Şekil 2b).



**Şekil 2.** (a) Büküm oranı şematik çizimi (Kolla vd., 2001); (b) Tipik menderesli akarsu sistemlerine ait nokta barlarının akış yönünü gösteren şematik çizim (Damuth vd., 1983).

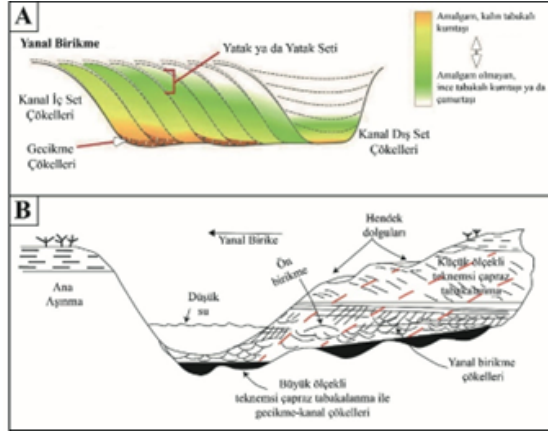
## 2.2. Menderesli akarsu sistemlerinin sedimantolojik özellikleri

MAS en altta gecikme çökelleri, orta bölümde yanal birikme paketleri ve nokta barlarından oluşan kanal çökelleri ve en üstte ise set üstü çökelleri olmak üzere üç ana fasiyes sistemiyle karakterize edilir (Miall, 1996, 2002). Gecikme çökellerinin olduğu bölümde en kaba taneli sedimanlar menderes tabanı boyunca taşınmaktadır ve taşınan malzeme çoğunlukla intraklast çamurtaşlarıyla temsil edilmektedir (Scasso vd., 2012; Şekil 3a). Gecikme çökellerini üzerleyen kanal çökellerinin en yaygın litolojisini nokta barları oluşturmaktadır (Miall, 1996). Nokta barı fasiyesleri, sediman birikimi, akış yoğunluğu ve hızına bağlı olarak tabandan üste doğru; çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ve kiltaşına kadar değişen istiflenme sunmaktadır (Tyler, 1988; Miall, 1996; Şekil 3b). İstifin eğimi  $5^{\circ} - 20^{\circ}$  arasında farklılık gösterir (Miall, 1996). Nokta barlarına ait fasiyesler yanal yönde birikme paketleriyle (YBP) başlar, yukarıya doğru tane boyu incelerken teknemsi çapraz tabakalı kumtaşı diziliminden oluşur ve ripıl tabakaları tarafından örtülmektedirler (Şekil 3b; Jackson, 1976; Miall, 2002).



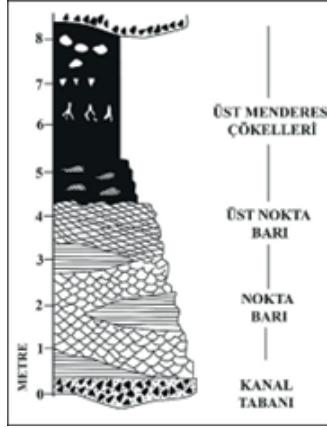
**Şekil 3.** (a) Menderesli akarsu sisteminde ait çököl istifleri (Miall, 2002); (b) Menderesli akarsu sistemindeki aktif nokta barı kanallarına ait çököl istiflenme (Schumm vd., 1987).

YBP çökelleri çoğunlukla akıntı boyunca sarp yamaç ya da kesme yığılması erozyonuyla yanal yönde kanal göçü olarak meydana gelirler (Şekil 4a; Sikkima ve Wojcik, 2000; Wonham vd., 2000; Kolla vd., 2001; Deptuck vd., 2003; Ardill vd., 2005; Cronin vd., 2005). Nokta barlarının yamaç yüzeyi üzerinde ince taneli sedimanların çökmesi ya da ikincil erozyonuyla oluşan YBP çökelleri, düşük yoğunluklu akış boyunca meydana gelirler ve yüzeyde bir istif oluştururlar (Şekil 4b; Cronin vd., 2005; Kolla vd., 2007). YBP çökellerinin yüzeydeki istiflerine sarmal bar adı verilmektedir (Kolla vd., 2007).



**Şekil 4.** (a) Yanal birikme setini oluşturan yanal göç ve birikimlerin istifi (Alpak vd., 2013); (b) Yanal birikme seti ve çökel fasiyesleri (Schwenk vd., 2003).

Sarmal barlar, MAS’da devamlılıklarını koruyamazlar ya da menderesi besleyen akışların yönü ve miktarı değiştikçe aşınabilirler. Böylece aşınmayla taşınan malzemeler devamlı kanal göçünün sonunda istiflenerek menderesleri oluştururlar (Mitchum, 1977; Flood ve Damuth, 1987; Pirmez, 1994). Akışa bağlı olarak gelişen mendereslerin her bir sarmalına lob adı verilmektedir ve menderes lobları bazı menderes kanallarında örtülü ya da çok nadir ayırt edilebilecek morfolojilere sahiptirler (Mitchum, 1977; Kenyon vd., 1995b). Bazı nokta barı sarmalları da benzer morfolojik yapı sunmaktadır. Menderes kanalları içerisindeki nokta barı çökelleri kimi zaman 1-2 km genişliğe sahip olurken bazı örneklerde bu genişlik gözle görünmeyecek kadar örtülüdür ve mendereslere ait loblar konveksden konkava ya da en iç kenardan en dış kenara doğru düz bir istiflenme oluştururlar (Babonneau vd., 2010). Bir menderes sistemine ait kanalların yalnızca son bölümünde aşındırma yüzeyleri belirgindir (Kolla vd., 2007). Teknemsi çapraz tabakalı kumtaşları akış hızının azaldığı yerlerde, dalgalar halinde nokta barları etrafında oluşmaktadır ve yukarı seviyelere doğru tane boyu incelmektedir (Miall, 2002). Nokta barı kanal çökelleri tipik olarak set üstü veya taşkın düzlüğü çökelleri tarafından örtülmektedir. Menderesin en üst seviyelerini oluşturan bu çökeller çoğunlukla organik malzemelerce zengin, kalış nodülleri, kuruma çatlakları ve kök izleri gibi ince taneli malzemelerden oluşmaktadır (Şekil 5; Miall, 1996; 2002, Wormleaton vd., 2005).



*Şekil 5. Üste doğru gittikçe ince taneli çökellerin olduğu tam menderes akarsu çökel istif (Allen, 1970).*

### 2.3. Menderesli akarsu sistemlerinin çökelme evrimini kontrol eden faktörler

MAS'ı kontrol eden faktörler altı ana maddeye ayrılmaktadır. Bunlar; akış hacmi ve hızı (akarsu gücü), akış üzerinde kanal eğiminin etkisi, vadi ya da taşkın düzlüğü, sediman yükü ve tane boyu, kanal seti uyumu ile kanallar ve/veya vadilerin başlangıç morfolojisidir (Schumm, 1981; 1985; Schumm vd., 1987; Miall, 1996; Ethridge ve Schumm, 2007). Çok dik ya da çok düz eğimli topoğrafya, çok yüksek akarsu akış gücü, toplam sediman yükü oranı için yüksek yatak yükü, silt / kil türü sedimanların az olması ve menderes sistemi içerisindeki çok yüksek ya da çok düşük yatak derinliği / genişliği oranı sinüslülük artışının oluşumu için uygun değildir (Kolla vd., 2007). Güçlü akış içerisindeki asimetrik ve sarmal dolaşım, kanalların konkav kenar üzerindeki erozyonu için önemlidir (Kolla vd., 2007). Sarmal barlara ait sedimanlar menderes loblarının konveks kenarları üzerinde çöker ve sonuç olarak kanal sinüslülük oranını artırmaktadır (Şekil 6).



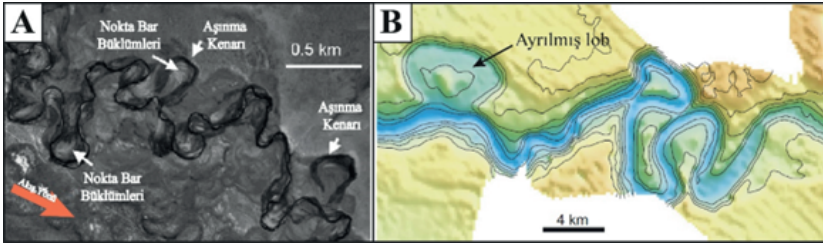
*Şekil 6. Akıntı yoğunluğundan kaynaklanan büküm artışına sahip menderesli akarsulara örnek, Alaska Nehri (URL-1, 2022).*

Temel seviyesi (deniz seviyesi), kıyı şeridi pozisyonu (Posamentier ve Voill, 1988) ve kanal derinliği nokta barı çökellerinin kalınlığını doğrudan etkilemektedir (Miall, 1996; Schumm, 1987; Kolla vd., 2007). Bu durum aktif kanalların çöküntü derinliğini de artırabilir ve sonuç olarak bu durum nokta barı çökellerinin derinliğini artmasıyla sonuçlanabilmektedir (Kolla vd., 2007; Cronin vd., 2005).

### 3. DERİN DENİZEL SİNÜS KANALLARINA AİT PRENSİP- LER

#### 3.1. Derin denizel sinüs kanal sisteminin morfolojisi ve iç yapısal özellikleri

Derin denizel kanal sistemi (DDS) set üstü çökelleri üzerinde, düşük yoğunluklu akışa sahip büyük vadilerin içerisinde veya set üstü çökellerinin bitişiğinde oluşurlar ve bir diğer adı sinüs kanallarıdır (Flood ve Damuth, 1987; Kolla vd., 2001, 2007; Kassem ve Imran, 2004; Keevil vd., 2006a, 2006b). Sinüs kanalları kıtasal yamaç üzerinde veya şelf kenarındaki yüksek alanlardaki sığ sulara gelişir (Wynn vd., 2007; Keevil vd., 2006b). Genişlikleri yaygın olarak 1 km ile 4 km arasındadır (Şekil 7; Wynn vd., 2007).

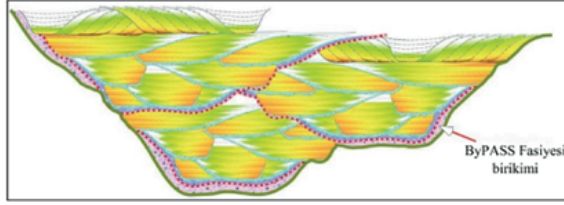


**Şekil 7.** (a) Meksika körfezi derin denizel sinüs kanal setlerinin sismik görüntüsü (Wynn vd., 2007); (b) Yaklaşık 2700 m derinlikte bulunan Cap Tirimis Kanyonu'nun yüksek sinüslü çok ışın demetli batimetrik görüntüsü (Krastel vd., 2004).

Genel kanal sinüselliği ya da büküm oranı akarsu ortamlarındaki gibi kanal eksen uzunluğunun vadi genişliğine oranı ile hesaplanır (Şekil 2a). Sinüselliği ya da büküm oranı hesapları DDS parametrelerinin yorumlanmasında oldukça önemlidir (Wynn vd., 2007). Çünkü tipik bir sinüs kanalının sinüselliği oranı içerisinde kullanılan büküm ya da sarınım, kanal göçü için değerlendirilir (Sikkima ve Wojcik, 2000; Wonham vd., 2000; Kolla vd., 2001; Deptuck vd., 2003; Ardill vd., 2005). Yanal ve düşey yönde sinüs lobunun genişleme ve yayılımı bu duruma örnek olarak söylenebilir (Alpak vd., 2013). Bir derin denizel sinüs kanalını ne oluşturduğunun tanımı daima açık değildir. Çünkü; kanallar, kanyon veya vadi içerisinde sıklıkla üst yamaç kenarında yüksek dereceli olabildiği (Kolla vd., 2007) gibi sinüs kanalları morfolojik olarak yüksek farklılıklar da



göstermektedir (Mayall vd., 2006) ve kanallar enine kesitlerinde “U” ya da “V” şeklillidir (Wynn vd., 2007). Bir sinüsellik oranı ya da büküm oranı 1 veya 1’e yakın ise kanalın doğru kesiti alınmış anlamına gelmektedir (Kolla vd., 2007; Wynn vd., 2007). Büyük derin denizel sinüs kanalları ve sinüs kanallarının ağı ile birikmiş setler, ikincil taşkın seti çökelleri olarak sınıflandırılmaktadır (Pasamentier ve Kolla, 2003; Deptuck vd., 2003). Büyüyen sinüs kanallarının üst bölümleri ya da en üst bölümlerinde biriken ikincil setler, ana vadinin sınırının yanında gelişebilir ve ana taşkın seti çökellerini üzerlemektedir (Şekil 8, Kolla vd., 2007).



**Şekil 8.** Akıntı yoğunluğundan kaynaklanan büküm artışına sahip menderesli akarsulara örnek, Alaska Nehri (Alpak vd., 2013).

### 3.2. Derin denizel sinüs kanal sisteminin sedimantolojik özellikleri

DDS’ye ait çökeller, yüksek yoğunluklu türbiditik dip akıntıları tarafından taşınmış ince ve kalın tabakalı kumtaşlarıyla karakteristiktir (Shanmugam, 2000; Mayal ve O’Byrne, 2002; Ardill vd., 2005). Sisteme ait sinüs kanallarının tabanında kalın tabakalı kumtaşları içerisinde büyük ölçekli teknemsi çapraz tabakalanmalar gözlenir ve bu yapılar DDS’de, yanal göç ve tabakalanma sonucunda gelişen ilk sedimanlardır (Kolla vd., 2007). İnce tabakalı kumtaşları sistemin ilk oluşumda düşey yönde göreceli olarak istiflenir ve bu dönemde aynı zamanda büküm genişliğinde de hızla büyümeler meydana gelmektedir (Peakall vd., 2000). Sisteme ait kanallar içerisinde ayrıca türbiditik akıntının gücüne bağlı olarak taşkın düzlükleri ve taşkın loblarından oluşan taşkın setleri ile bükümün en dış kenarında istiflenmiş iri taneli çökeller gözlenmektedir (Kolla vd., 2001; Dutton vd., 2003). Taşkın düzlükleri içerisinde yatak birikintileri ve taşkın birikintileri yer alabilir. Yatak birikintileri yüksek yoğunluklu türbiditik akıntıların by-pass esnasında taşkın setini yararak oluşturduğu birikintilerdir ve bu birikintileri oluşturan sedimanlar çoğunlukla ince taneli silt veya kil boyutu malzemelerden oluşmaktadır (Ardill vd., 2005). Sinüs kanalları normal menderesli akarsu sistemlerinden farklı olarak yüksek yamaçlarda ( $>13^\circ$ ) oluşmaktadır ve en düşük boşalımaları  $\leq 4$  m/s’dir (Lancien vd., 2006) Ayrıca kanallar teraslarla ilişkili olup çökel barları oluşmamaktadır (Métiver vd., 2005).



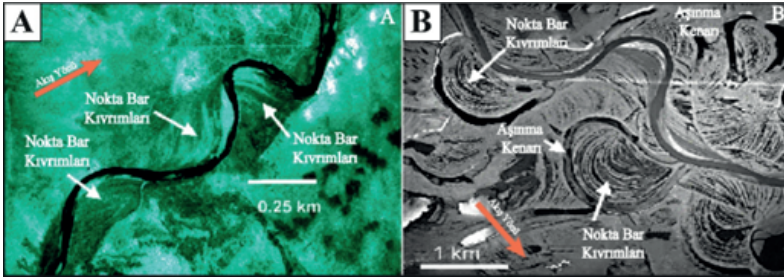
### 3.3. Derin denizel sinüs kanal sisteminin çökelme evrimini kontrol eden faktörler

Geçmişten günümüze yapılmış olan çalışmalara göre (Clark, vd., 1992; Shanmunga, 2000; Mayall ve O'Bryne, 2002; Abreu vd., 2003; Das vd., 2004; Ardill vd., 2005; Cronin vd., 2005; Lancien vd., 2006; Kolla vd., 2007; Straub vd., 2008; Sylvester vd., 2011) derin deniz sinüs kanallarını kontrol eden yedi önemli faktör söz konusudur. Bunlar: (1) Deniz tabanı eğimi ve topoğrafyası (yapısal özellikler içermesi); (2) Akıntı akışları: bar – doğrusal akış kaynağı, türbiditi akıntılar ile moloz akıntıları karşılaştırılması; (3) Katastropik ve sabit türbiditi akıntıların karşılaştırılması; (4) Akış hızı, sıklığı, hacmi ve sediman yoğunluğu. Ortama gelen akışın miktarı ve yoğunluk farklılıkları; (5) Sediman tane boyu; (6) Kanallar içerisindeki ikincil dolaşımların tipleri; (7) Kanal eğiminin etkileri (merkez kaç kuvvetleri) ve akış üzerindeki dengeleyici kuvvet; (8) İlk vadilerin şekli ve genişlik / derinlik oranları, bağlayıcılık, slump ve tıkaçlama oluşumu; (9) Deniz ve temel seviye değişimlerinin etkileridir.

## 4. MAS VE DDS ARASINDAKİ BENZERLİKLERİN VE FARKLILIKLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

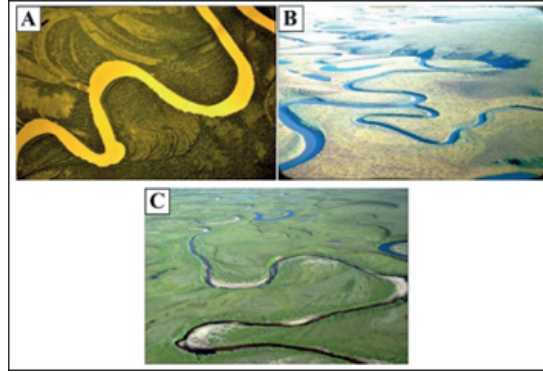
### 4.1. Morfolojik benzerlikler

MAS ile DDS morfolojik olarak, kuşbakışı görünümünde oldukça güçlü benzerliklere sahiptir. Özellikle menderesli akarsuların nokta barlarının aşınma kenarlara ait hava fotoğrafları (Şekil 9a) ile derin denizel sinüs kanallarının taşkın setlerine ait derin sismik görüntülerde (Şekil 9b) morfolojik olarak benzerdir (Lonsdale ve Hollister, 1979; Flood ve Damuth, 1987; Clark vd., 1992; Klaucke ve Hesse, 1996; Pirmez ve Imran, 2003).



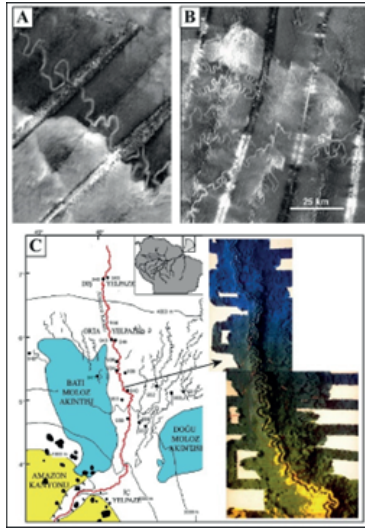
**Şekil 9.** (a) Colville nehrinin bir bölümünden hava fotoğrafı görüntüsü, Montana (Sylvester vd., 2011); (b) Meksika körfezi derin denizel sinüs kanal setlerinin sismik görüntüsü (Wynn vd., 2007).

Sibirya nehri, Papua Yeni Gine'deki Sinek nehri ve Alaska nehri menderesli akarsu sistemlerine en iyi örneklerdir (Şekil 10).



**Şekil 10.** (a) Sinek nehri hava fotoğrafı görüntüsü, Papua Yeni Gine (URL-2, 2022); (b) Sibirya nehri hava fotoğrafı görüntüsü (Pirmez ve Imran, 2003); (c) Alaska dolaylarında gözlenen menderesli akarsu sisteminde gelişmiş bir nehrin hava fotoğrafı görüntüsü. İç bükey kısımlarda kum setleri gözlenmektedir (URL-3, 2022).

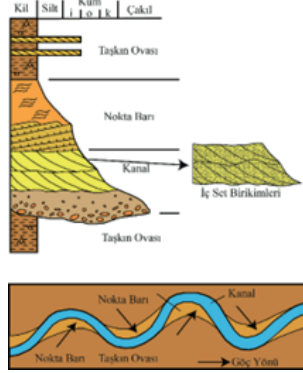
DDS'ye bilinen en iyi örnek körfez akıntılarıyla oluşmuş olan Meksika köfzidir (Pirmez ve Imran, 2003; Şekil 9b). Bilinen diğer iyi örnekler ise; Mississippi deniz altı yelpazesinin taban topoğrafyasını oluşturan sinüs kanalları (Şekil 11a), Indus denizaltı yelpazesine ait sinüs kanalları (Şekil 11b) ve Amazon denizaltı yelpazesindeki sinüs kanallarıdır (Şekil 11c).



**Şekil 11.** (a) Mississippi denizaltı yelpazesi tabanında gözlenen sinüs kanalları (Weimer, 1991); (b) Indus denizaltı yelpazesi içerisinde gözlenen sinüs kanalları (Kenyon vd., 1995a); (c) Amazon Denizaltı Yelpazesi ve deniz tabanı sinüs kanalları batimetrik görüntüsü (Pirmez ve Flood, 1995).

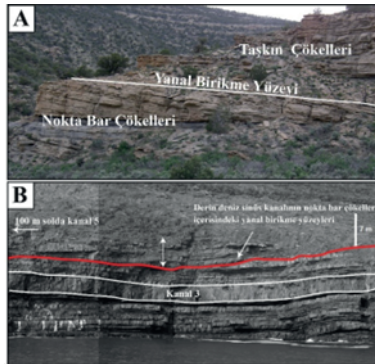
## 4.2. Sedimentolojik benzerlikler

Bir menderesli akarsu sisteminin sedimentolojik karakteri, menderes loblarının içerisinde çoğunlukla nokta barı çökellerinden oluşmasıdır (Jackson, 1976; Miall, 2002). Benzer olarak derin denizel sinüs kanal sistemindeki sinüs lobları içerisinde de nokta barlarına benzer çökeleller gözlenir ve bu çökeller iç set birikimleri olarak adlandırılmıştır (Şekil 12; Miall, 1996).



**Şekil 12.** Menderesli akarsu sistemi (nokta barı) ve derin denizel sinüs kanalları (iç set birikimleri) fasiyes dizilimleri şematik çizimi (Bevis, 2014'den renklendirilmiştir).

Farklı ortamlara ait bu her iki sistemdeki gerek nokta barı çökelleri gerekse de iç set birikimlerine ait çökeller, yanal yönde göçe bağlı olarak yanal birikme yüzeyleri ve yapıları oluşturmaktadır (Miall, 2002; Kolla vd., 2007). Yanal birikimler, nokta barlarının ve iç set birikimlerinin yamaçları yüzeyi üzerinde ince taneli sedimanların çökmesi ya da ikincil erozyonu sonucu düşük akışlar boyunca meydana gelirler ve genellikle kanal tabanına doğru eğimlidirler (Şekil 13; Kolla vd., 2007).



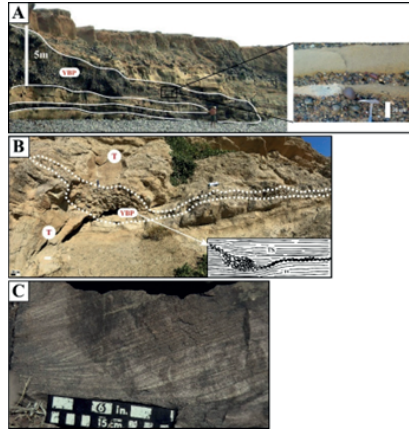
**Şekil 13.** (a) Menderesli akarsu sistemi içerisindeki yanal birikme yüzeyleri ve çökelleri (Reineck ve Singh, 1990); (b) Ross Formasyonu içerisindeki kumtaşı kanallarının en üst seviyesinde gelişen yanal birikme yüzeyleri ve diğer kanal elementlerinden görünüm (Wynn vd., 2007).

MAS'da yanal yönde gelişen göç ve tabakalanmalar sonucu oluşan çökeller, çoğunlukla kumtaşı zengin fasiyeslerden oluşur ve fasiyesler içerisinde teknesi çapraz tabakalanmalar gözlenmektedir (Şekil 14; Kolla vd., 2007; Miall, 2002).



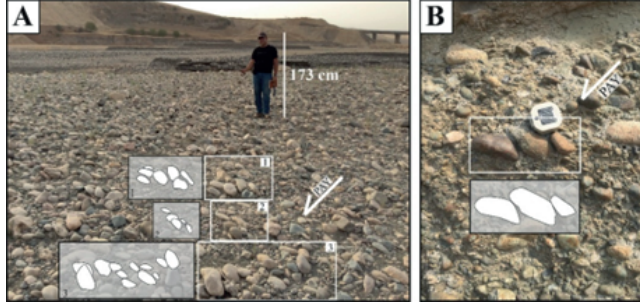
**Şekil 14.** (a) Menderesli akarsu sistemi içerisindeki yanal birikme fasiyesi (URL-4, 2022); (b) Menderesli akarsu sistemi içerisinde gözlenen teknesi çapraz tabakalanma örneği (Scasso vd., 2012).

DDS'de ise yanal yönde birikme kumtaşı ve çamurtaşı zengin fasiyesler ile karakteristiktir (Kolla vd., 2001). Ancak bazı yüzeylemelerinde konglomera zengin sinüs kanal setleri de gözlenmektedir (Şekil 15a ve Şekil 15b). Menderesli akarsu sistemlerine benzer olarak teknesi çapraz tabakalanmalar ile akıntı ripılları oluşabilmektedir (Şekil 15c; Wynn vd., 2007).



**Şekil 15.** (a) Derin denizel sinüs kanal sisteminde kumtaşı kanalları içerisinde gelişmiş konglomera zengin yanal birikme paketleri (YBP). Rosario Formasyonu, Pelikan yüzeylemesi (Dykstra ve Kneller, 2009); (b) Türbiditik kumtaşı kanalları (T) içerisinde gelişmiş konglomera zengin yanal birikme paketleri (YBP). Kırkgeçit Formasyonu, Elazığ (Alkaç ve Aksoy, 2022); (c) Derin denizel sinüs kanal sistemlerinde gözlenen teknesi çapraz tabakalanma. Wood Kanyonu, Doğu Kaliforniya (Pirmez, 1994).

MAS'a ait çökellerin taban seviyesinde, DDS çökellerinde ise bazı örneklerinde yoğun olarak gözlenen konglomera fasiyesleri, akışın gücü ve taşıma mesafesine bağlı olarak iyi yuvarlaklaşmış olup akış enerjisinin azalmasıyla birlikte kiremitlenmeler meydana getirmektedir (Schumm, 1981, 1985; Reineck ve Singh, 1990; Wynn vd., 2007; Slyvester vd., 2011). Menderesli akarsu sistemlerinde kısa eksen kiremitlenmeleri (Şekil 16a), derin denizel sinüs kanallarında ise uzun eksen kiremitlenmeleri (Şekil 16b) gözlenmektedir (Goung ve Halloway, 2019).



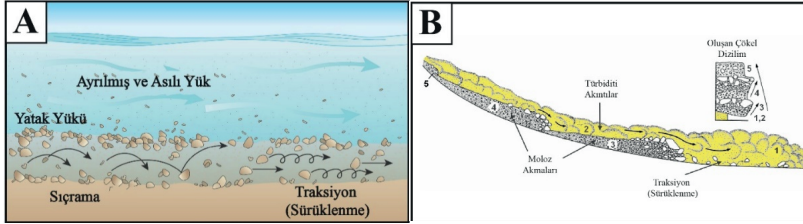
**Şekil 16.** (a) Menderesli akarsu sistemlerinde gözlenen kısa eksen kiremitlenmesi. Adıyaman Göksu nehri güncel çökelleri. PAY: Paleoakıntı yönü; (b) Derin denizel sistemlerde gözlenen uzun eksen kiremitlenmesi. Kirkgeçit Formasyonu, Elazığ.

#### 4.3. Akıntı farklılıkları

MAS, DDS ve çökellerin depolandığı diğer sedimanter ortamlarda taşınan sedimanlar nehir, türbiditik ve katostropik akıntılar vasıtasıyla taşınmaktadır (Wynn vd., 2007). Nehir akıntıları, yer çekimine etkisinde, özellikle akarsu ortamlarında önemli sediman taşınımı sağlamaktadır ve bu tür akıntılarda yer çekimi etkisi nedeniyle sürtünme en üst düzeyde olup taşınan malzeme akıntı etrafında sürüklenerek, yatak yükü, sıçrama ve asılı yüklerle hareket etmektedir (Şekil 17a; Peakall vd., 2000). Böylece akıntı aşağısına doğru yanal yönde birikme yakın mesafelerde yoğun konsantrasyona sahiptir (Stacey ve Bowen, 1988; Keevil vd., 2006a). MAS'a ait çökellerin taşınımı nehir akıntıları vasıtasıyla olmaktadır (Kolla vd., 2007). Türbiditik akıntılar, sedimanların kendi yerçekimi kuvveti etkisinde gelişirler ve bu tür akıntıların itici güçleri olduğu için akış ile birlikte sedimanlar süspansiyon (asılı) olarak taşınmakta olup asılı sediman yükü taşınımı oldukça önemlidir (Wynn vd., 2007; Kolla vd., 2007). Asılı yüklerle taşınım, uzun mesafelerde geniş yatak yükü bölümü oluşturur ve bu tür akıntılar uzun mesafeli yanal göçe bağlı tabakalanmalara neden olmaktadır (Arnott, 1983a; Cronid vd., 2005). Bu durum nehir akıntılarının tam tersidir (Hiscott, 1994). Ayrıca türbiditik akıntılar etkisinde taşınan sedimanlar sürüklenme (traksiyon) şeklinde taşınmalarda gözlenmektedir (Şekil 17b; Wynn vd., 2007). DDS'ye ait çökellerin taşınımı türbiditik

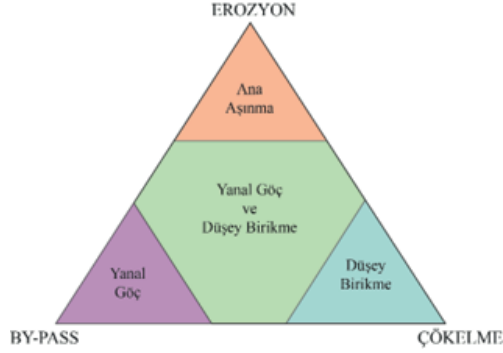


akıntılar vasıtasıyla olmaktadır (Kolla vd., 2007). Son olarak katostropik akıntılar, akarsu ya da derin deniz topoğrafyası üzerinde yaygın olarak gelişir ve dış set üzerinde meydana gelen çoğu erozyona bağlı aşınmalar, bu tür akıntılardan kaynaklanmaktadır (Keevil vd., 2006a; Kolla vd., 2007).



**Şekil 17.** (a) Menderesli akarsu sistemlerinde gözlenen akıntı türleri (Reineck ve Singh, 1990); (b) Türbiditik akışların bölümleri ve oluşan çökel istifin dizilimi (URL-5, 2022).

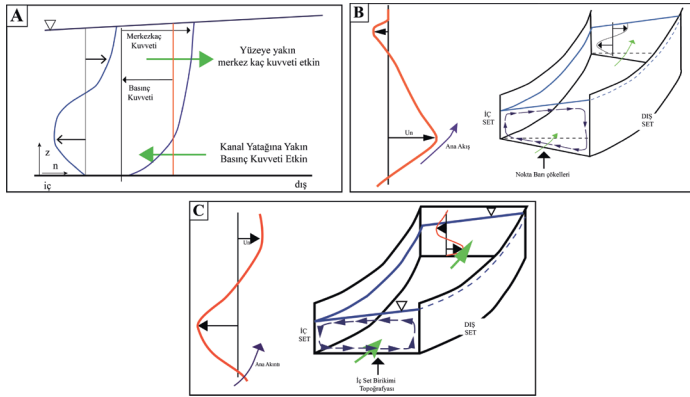
MAS, DDS ve çökellerin depolandığı diğer sedimanter ortamlarda taşınan sedimanlar nehir, türbiditik ve katostropik akıntılar vasıtasıyla taşınmaktadır (Wynn vd., 2007). Nehir akıntıları, yer çekimine etkisinde, özellikle akarsu ortamlarında önemli sediman taşınımı sağlamaktadır ve bu tür akıntılarda yer çekimi etkisi nedeniyle sürtünme en üst düzeyde olup taşınan malzeme akıntı etrafında sürüklenerek, yatak yükü, sıçrama ve asılı yüklerle hareket etmektedir (Şekil 17a; Peakall vd., 2000). Böylece akıntı aşağısına doğru yanal yönde birikme yakın mesafelerde yoğun konsantrasyona sahiptir (Stacey ve Bowen, 1988; Keevil vd., 2006a). MAS'a ait çökellerin taşınımı nehir akıntıları vasıtasıyla olmaktadır (Kolla vd., 2007). Türbiditik akıntılar, sedimanların kendi yerçekimi kuvveti etkisinde gelişirler ve bu tür akıntıların itici güçleri olduğu için akış ile birlikte sedimanlar süspansiyon (asılı) olarak taşınmakta olup asılı sediman yükü taşınımı oldukça önemlidir (Wynn vd., 2007; Kolla vd., 2007). Asılı yüklerle taşınım, uzun mesafelerde geniş yatak yükü bölümü oluşturur ve bu tür akıntılar uzun mesafeli yanal göçe bağlı tabakalanmalara neden olmaktadır (Arnott, 1983a; Cronid vd., 2005). Bu durum nehir akıntılarının tam tersidir (Hiscott, 1994). Ayrıca türbiditik akıntılar etkisinde taşınan sedimanlar sürüklenme (traksiyon) şeklinde taşınmalarda gözlenmektedir (Şekil 17b; Wynn vd., 2007). DDS'ye ait çökellerin taşınımı türbiditik akıntılar vasıtasıyla olmaktadır (Kolla vd., 2007). Son olarak katostropik akıntılar, akarsu ya da derin deniz topoğrafyası üzerinde yaygın olarak gelişir ve dış set üzerinde meydana gelen çoğu erozyona bağlı aşınmalar, bu tür akıntılardan kaynaklanmaktadır (Keevil vd., 2006a; Kolla vd., 2007).



**Şekil 18.** Farklı proseslerde (Erozyon, by-pass ve çökeltme) düşey göç, yanal birikme veya büyük erozyonları gösteren üçgen diyagram (Kolla vd., 2007).

#### 4.4. İkincil akış ya da dolaşım farklılıkları

Hem MAS hem de DDS içerisindeki bazı ince taneli sedimanların çökelişi ikincil akışlar tarafından kontrol edilmektedir (Wynn vd., 2007; Abad vd., 2011). Akışların temel prensibine göre, akıntılarda iki temel kuvvet etkindir. Bunlar; yüzeye yakın yerlerde merkezkaç kuvveti ile kanal yatağına yakın basınç kuvvetidir (Şekil 19a; Abad vd., 2011). Corney vd., (2006) ve Keevil vd., (2006a), DDS’de ikincil akışın, normal davranışının yani iç sete doğru akışın tam tersi bir akışa sahip olduğunu, normal koşullarda ikincil dolaşımın enine hızı  $U_n(z) < 0$  ve kanal yatağına yakın iç sete doğru yayılım gösterdiğini (Şekil 19b), ancak DDS’de ise ikincil dolaşım hızı  $U_n(z) > 0$  ve kanal yatağının yakınında dış sete doğru yayıma sahip olduğunu tanımlamışlardır (Şekil 19c).

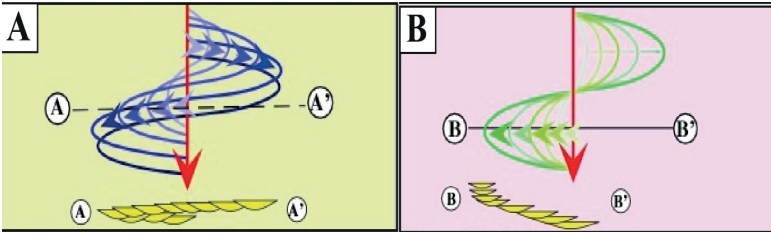


**Şekil 19.** (a) Ana ve ikincil akışın temel prensibi (Wynn vd., 2007); (b) Menderesli akarsu sistemlerinde ikincil akışın geometrisi.  $U_n(z)$ : Enine hız (Abad vd., 2011); (c) Derin denizel sinüs sistemlerinde ikincil akışın geometrisi (Abad vd., 2011).

## 4.5. Sedimantolojik Farklılıklar

### 4.5.1. Göç farklılıkları

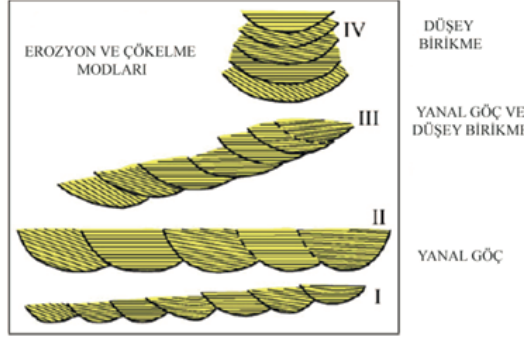
DDS'de erozyonun baskın olduğu bölümler MAS'a göre çok büyük benzerlik göstermektedir. Bunun nedeni erozyona bağlı olarak akıntı aşağı düşey yönde göç ve sinüs bölümü olan dış kenar ya da dirsekte meydana gelen aşınmalardır (Abreu vd., 2003). Ancak ince taneli sedimanların yoğun olduğu iç birikme setlerinde göç, MAS'a göre çok farklıdır (Peakall vd., 2000). İç birikme setlerinde yanal yayılım fazla olup akıntı aşağı göç sınırlıdır. DDS içerisinde yanal göç ise yalnızca geniş büyüme kuşakları içerisinde oluşmaktadır (Peakall vd., 2000; Deptuck vd., 2003) ve dış etkenlere (tektonik etkenler, tuz tektoniği vb.) maruz kaldığında ani yer değişimine uğramaktadır (Weimer, 1991; Posamentier ve Kolla, 2003). Sonuç olarak MAS'da göç ve tabakalanma yanal, devamlı ve akış aşağı birikme bağlıdır (Şekil 20a; Alexander vd., 1994; Peakall vd., 2000; Wynn vd., 2007). DDS'de göç ve tabakalanma ise nadiren yanal, çoğunlukla devamlı ya da azalarak akıntı aşağı ve birikime bağlı kalmaksızın meydana gelmektedir (Şekil 20b; Kolla vd., 2007).



**Şekil 20.** (a) Menderesli akarsu sistemlerinde birikmenin türü ve geometrisi; (b) Derin denizel sistemlerde birikmenin türü ve geometrisi (Wynn vd., 2007).

Kolla vd. (2007), yanal yönde göç ve tabakalanmalara bağlı olarak gelişen erozyon ve çökeltme modlarını dört farklı göç tipine ayırmıştır. I ve II nolu göç tipleri hem DDS hem de MAS içerisinde gelişebilir ve bu göç tipinde çökeller yanal yönde göç ve tabakalanmayı temsil etmedirler. III ve IV nolu göç ve birikmeler ise düşey yönde tabakalanma ve yanal yönde göçler olarak tanımlanmıştır. Araştırmacılara göre, bu tür yanal göç ve düşey birikmeler genel olarak derin denizel sinüs kanal sistemleri içerisinde oluşmaktadır (Şekil 21).





**Şekil 21.** Menderesli akarsu ve derin denizel sinüs kanal sistemlerinde yanıl göç ve tabakalanmalara bağılı olarak gelişen erozyon ve çökeltme modları (Kolla vd., 2007).

#### 4.5.2. Çökeltme karakterindeki farklılıklar

DDS, MAS'dan morfolojik olarak güçlölkle ayırt edilebilmelerine rağmen, çökeltme karakteri bakımından çok önemli farklılıklar sergilerler. Taşkın setleri, çok daha büyük ve kumtaşı birimleri setler içerisinde çok yaygın olup hidrokarbon (HC) rezarvuvar kayaç anlamında oldukça önemlidir (Clemanceau vd., 2000; Kendrick, 1998; 2000; Peakall vd., 2000). DDS'nin kanal içi topoğrafyası indirgen bir yanıl derecelenme gösterebilir, iç set birikimleri ve yanıl birikme yüzeyleri çok ince taneli olabilir (Arnott, 1983a). Ancak MAS'a ait nokta barlarının topoğrafyası yüksek yanıl derecelenmelere sahip olup özellikle iri tanelidir (Lewin, 1978; Bridge, 2003).

Menderesli akarsu ve derin denizel sinüs kanal sistemleri arasında morfolojik, sedimantolojik, çökeltme ve birikme karakterlerindeki benzerlik ve farklılıklar derlenmiş, arazi verileriyle desteklenerek bu kitap bölümü çalışması kapsamında değerlendirilmiştir. İki sistem arasındaki benzerlikler ve farklılıklara ait temel konular aşağıda alt başlık ve maddeleri olarak özetlenmiştir.

#### Benzerlikler

1- İki sisteme ait kanallar arasında morfolojik olarak özellikle kuşbakışı görünümünde benzerlikler söz konusu olup menderesli akarsu kanal çökelleri olan nokta barları ve ana aşınma kenarları ile derin denizel sinüs kanal çökellerinin taşkın setleri, gerek hava fotoğraflarında gerekse de sismik gözlemlerde benzerdir (Şekil 9).

2- İki sistemde de yanıl birikmeler gözlenir ve menderesli akarsularda bu birikmelerle menderes lobları, derin denizel kanallarda ise sinüs lobları üzerinde iç birikme seti oluşmuştur (Şekil 12).

3- İki sistemde de gerek nokta barı çökelleri gerekse de iç set birikimleri içerisinde yanal göçe bağlı olarak yanal birikme yüzeyleri ve tabakalanmalar tanımlanmaktadır. Yanal birikimler kanal göçü olarak meydana gelir ve yanal birikme yüzeyinde ince taneli sedimanların çökmesi ya da ikincil erozyonu sonucu düşük yoğunluklu akışlar boyunca gelişirler. Yanal birikme yüzeyleri kanal tabanına doğru eğimlidir (Şekil 13).

4- Menderesli akarsu sistemlerinde yanal göçe bağlı olarak fasiyesleri oluşturan çökeller çoğunlukla kumtaşınca zengindir ve fasiyesler içerisinde teknesi çapraz tabakalanma ve nadir akıntı ripilları tanımlanmıştır. Derin denizel sinüs kanal sistemleri ise hem kumtaşı hem de çamurtaşınca zengin fasiyeslere sahiptir. Ancak bazı bölgelerde konglomera zengin fasiyeslere de rastanılmaktadır. Yine bu sistemde de menderesli akarsularda olduğu gibi çökeller içerisinde teknesi çapraz tabakalanma ve yoğun akıntı ripilları oluşabilmektedir (Şekil 14 ve Şekil 15).

### **Farklılıklar**

1- Menderesli akarsu sistemlerindeki kanal göçleri ya da yer değişimi akıntı aşağıya birleşme ile yanal devamlılıklara sahiptir ve tek bir fazda nokta barı çökeli meydana gelir. Derin denizel sinüs kanal sistemlerinde ise kanalların yer değişimi ya da göçleri yanal yönde olabilir ve göçler ya devamlı ya da kesintili olup akıntı aşağı birikme olsun ya da olmasın birçok sismik fazdan oluşmaktadır.

2- Menderesli sistemleri oluşturan çökeller nehir akıntıları vasıtasıyla, çoğunlukla sürüklenme, sıçrama ve asılı yük olarak taşınmaktadır. Derin denizel sinüs kanal çökelleri türbiditik akıntılar vasıtasıyla, sürüklenme ve asılı sediman yükü ile taşınmaktadır. Asılı sediman yüküyle taşınma daha bu sistemler için daha önemlidir (Şekil 17).

3- Hem nehir akıntıları hem de türbiditik akıntılar üç temel prosesle karakteristiktir. Bunlar; erozyon (ana aşınma), by-pass (yanal göç) ve çökme (düşey istiflenme)'dir. Eğer akış (nehir ya da türbiditik), uzun periyotlar boyunca çok yüksek enerji ile gerçekleşiyorsa "Erozyon" meydana gelir. Bu proses hem derin denizel sinüs kanalları hem de menderesli akarsu oluşum sürecini oluşturmaktadır (Şekil 18) . Eğer akış bazı bölgelerde yüksek, bazı bölgelerde ise düşük enerjiyle ve kısa periyotlarda gerçekleşiyorsa, hem derin denizel hem de menderesli akarsu sistemleri içerisinde "Yanal Göç" meydana getirecektir (Şekil 18). Son olarak akış enerjisi tamamen düştüğünde asılı sediman yükünce zengin akıntılar içerisinde düşey birikimler yani "Çökme" meydana gelecektir (Şekil 18). Çökme prosesi genel olarak derin deniz sinüs kanal çökellerinin aşınma yüzeyi üzerinde oluşmaktadır. Eğer akışın enerjisi kısmen yüksek kısmen düşük ve kısa süreli gerçekleşirse yanal göç ve çökme birlikte oluşacaktır (Şekil 18).

4- Menderesli akarsu sistemlerinde ikincil dolaşım, kanal yatağına yakın nokta barı topoğrafyası üzerinde ve iç sete doğrudur ( $Un(z) < 0$ ; Şekil 19a). Derin denizel sinüs kanal sisteminde ikincil dolaşım ise kanal yatağına yakın, iç set birikim topoğrafyası üzerinde dış sete doğrudur ( $Un(z) > 0$ ; Şekil 19b).

5- Menderesli akarsu sistemlerinde yanal göç ve tabakalanma yanal, devamlı ve akış aşağı birikime bağlı olarak gelişir (Şekil 20a). Derin denizel sinüs kanal sistemi içerisinde yanal göç ve tabakalanma ise nadiren yanal, devamlı ya da azalarak akıntı aşağı birikime bağlı kalmaksızın meydana gelmektedir (Şekil 20b).

## KAYNAKLAR

- Abad, J.D., Sequeiros, O.E., Spinewine, B., Pirmez, C., Garcia, M.H., Parker, G., 2011. Secondary current of saline underflow in a highly meandering channel: experiments and theory. *Journal of Sedimentary Research*. 81, 787-813.
- Altinel, İ.K., Öncan, T., 2005. A New Enhancement of the Clarke and Wright Savings Heuristic for the Capacitated Vehicle Routing Problem. *Journal of the Operational Research Society*, 56 (8), 954-961.
- Abreu, V., Sullivan, M., Pirmez, C., Mohrig, D., 2003. Lateral accretion packages (LAPs): an important reservoir element in deep-water sinuous channels. *Marine and Petroleum Geology* 20, 631-648.
- Alexander, J., Bridge, J.S., Leeder, M.R., Collier, R.E.L., Gawthorpe, R.L., 1994. Holocene meander-belt evolution in an active extensional basin, southwestern Montana. *Journal of Sedimentary Research B* 64, 542-559.
- Alkaç, O., 2020. Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen-Oligosen) Derin deniz tortullarının sedimantolojisi, Baskil (Elazığ) Güneybatısı. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 240 s.
- Alkaç, O., Aksoy, E., 2022. The provenance of coarse-grained turbidite sandstones in the Kırkgeçit Formation (western part of the Elazığ Basin-east Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 31(2), 153 – 177.
- Allen, J.R.L., 1970. *Physical Processes of sedimentation*. George Allen and Unwin Ltd., London. (Earth science series 1. Edited by J. Sutton and J. V. Watson , 248pp.
- Alpak, F. O., Vine, V. C., Gao, G., and Mo, W., 2003. Techniques for effective simulation, optimization and uncertainly quantification of the in-situ upgrading process. Paper presented at the Society of Petroleum Engineers Reservoir Simulation Symposium, The Woodlands, Texas, USA, 18-20.
- Ardill, J., Jensen, R., Evans, S., Garfield, T., Beaubouef, R., Sprague, A., 2005. Deepwater reservoir characterization and implications for hydrocarbon production, an example from the Zafiro Field, Equatorial Guinea. Offshore Technology Conference, Houston, Paper No. 17686, pp. 1-3.
- Arnott, R. J., 1983a. Sedimentology, structure and stratigraphy of north-east New world Island, Newfoundland, Unpublished D. Phil. Thesis, Oxford University.
- Babonneau, N., Savoye, B., Cremer, M., Bez, M., 2010. Sedimentary architecture in meanders of a submarine channel: detailed study of the present congo turbidite channel (Zaiango Project). 80, 852-866.
- Bevis, M., 2014. Pleistocene base-level fall is a fundamental driver of erosion in southern Minnesota's greater Blue Earth River basin, MS thesis, Dept. of Earth and Environ. Sci., Univ. of Minn., Duluth.
- Bridge, J.S., 2003. *Rivers and Floodplains; Forms, Processes and Sedimentary Record*. Blackwell, Oxford, UK, 491pp.

- Clark, J.D., Kenyon, N.H., Pickering, K.T., 1992. Quantitative analysis of the geometry of submarine channels: implications for the classification of submarine fans. *Geology* 20, 633–636.
- Clemenceau, G.R., Colbert, J., Eddens, J., 2000. Production results from levee-overbank turbidite sands at Ram/Powell field, deepwater Gulf of Mexico. In: Weimer, P., et al. (Eds.) *Turbidite Reservoirs of the World*. 20th Annual Gulf Coast Section SEPM Proceedings, pp. 241–251.
- Corney, R.K.T., Peakall, J., et al., 2006. The orientation of helical flow in curved channels. *Sedimentology* 53, 249–257.
- Cronin, B.T., Çelik, H., Hurst, A., Türkmen, I., 2005. Mud-prone entrenched deep-water slope channel complexes from the Eocene of eastern Turkey, *Geological Society Special Publication*, vol. 244, pp. 155–180.
- Damuth, J.E., Roger, V. K., Flood, R.D., Kowsmann, R.O., Monteiro, M.C., Gorini, M.A., Palma, J.J.C., Belderson, R.H., 1983. Distributary channel meandering and bifurcation patterns on the Amazon deep-sea fan as revealed by long-range side-scan sonar (Gloria), *Geology*, 11 (2), 94–98.
- Das, H.S., Imran, J., Pirmez, C., Mohrig, D., 2004. Numerical modeling of flow and evolution in meandering submarine channels. *Journal of Geophysical Research* 109, 1–17.
- Deptuck, M.E., Steffens, G.S., Barton, M., Pirmez, C., 2003. Architecture and evolution of upper fan channel-belts on the Niger Delta slope and in the Arabian Sea. *Marine and Petroleum Geology* 20, 649–676.
- Dutton, S.P., Flanders, W.A., Barton, M.D., 2003. Reservoir characterization of a Permian deep-water sandstone, East Ford field, Delaware Basin, Texas. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists* 87, 609–627.
- Dykstra, M., Kneller, B., 2009. Lateral accretion in a deep-marine channel complex: implications for channelized flow processes in turbidity currents. *Sedimentology* 56, 1411–1432.
- Ethridge, F.R., Schumm, S.A., 2007. Fluvial seismic geomorphology: a view from the surface. In: Davies, R.J., Posamentier, H.W., Wood, L.J., Cartwright, J.A. (Eds.), *Seismic Geomorphology: Applications to Hydrocarbon Exploration and Production*, Geological Society Publication, Vol. 277, pp. 205–222.
- Flood, R.D., Damuth, J.E., 1987. Quantitative characteristics of sinuous distributary channels on the Amazon deep-sea fan. *Geological Society of America Bulletin* 98, 728–738.
- Gough, A., Halloway, R., 2019. *Encyclopedia of Geology*, Chapter: Sedimentary Structures, Second Edition.

- Hiscott, R.N., 1994. Loss of capacity, not competence, as the fundamental process governing deposition from turbidity currents. *Journal of Sedimentary Research* 64, 209–214.
- Jackson, R.G., 1976. Depositional model of point bars in the Lower Wabash River. *Journal of Sedimentary Petrology* 46, 579–594.
- Kassem, A., Imran, J., 2004. Three-dimensional modeling of density current, II. flow in sinuous confined and unconfined channels. *Journal of Hydraulic Research* 42, 591–602.
- Keevil, G.M., Peakall, J., Best, J.L., Amos, K.J., 2006a. Flow structure in sinuous submarine channels: velocity and turbulence structure of an experimental submarine channel. *Marine Geology* 229, 241–257.
- Keevil, G.M., Peakall, J., Best, J.L., 2006b. Flow dynamics of sinuous submarine channels. AAPG Annual Meeting, 9–12 April 2006, Houston, Texas.
- Kendrick, J.W., 1998. Turbidite reservoir architecture in the Gulf of Mexico, insights from field development: In: Developing and managing turbidite reservoirs, case histories and experiences. In: EAGE/ AAPG Third Research Symposium, Almeria, Spain.
- Kenyon, N.H., Amir, A., Cramp, A., 1995a. Geometry of the younger sediment bodies of the Indus Fan. In: Pickering, K.T., Hiscott, R.N., Kenyon, N.H., Lucchi, F.R., Smith, R.D.A. (Eds.), *Atlas of Deepwater Environments: Architectural Styles in Turbidite Systems*. Chapman & Hall, London, pp. 89–93.
- Kenyon, N.H., Millington, J., Droz, L., Ivanov, M.K., 1995b. Scour holes in a channel-lobe transition zone on the Rho<sup>ne</sup> cone. In: Pickering, K.T., Hiscott, R.N., Kenyon, N.H., Ricci Lucchi, F., Smith, R.D.A. (Eds.), *Atlas of Deep-water Environments: Architectural Style in Turbidite Systems*. Chapman & Hall, London, pp. 212–215.
- Klaucke, I., Hesse, R., 1996. Fluvial features in the deep sea: new insights from the glacialigenic submarine drainage system of the Northwest Atlantic Mid-Ocean channel in the Labrador Sea. *Sedimentary Geology* 106, 223–234.
- Kolla, V., Bourges, P., Urruty, J-M., Safa, P., 2001. Evolution of deepwater sinuous channels offshore Angola (west Africa) and implications for reservoir architecture. *AAPG Bulletin* 85, 1373–1405.
- Kolla, V., Posamentier, H.W., Wood, L.J., 2007. Deep-water and fluvial sinuous channels-Characteristics, similarities and dissimilarities and modes of formation. *Marine and Petroleum Geology* 24, 388–405.
- Krastel, S., Hanebuth, T.J.J., Antobreh, A.A., Henrich, R., Holz, C., Kolling, M., Schulz, H.D., Wien, K., Wynn, R.B., 2004. Cap Timiris Canyon: a newly discovered channel system offshore of Mauritania. *EOS* 85, 417–423.

- Lancien, P., Métivier, F., Lajeunesse, E., Cacas, M.C., 2006. Incision dynamics and shear stress measurements in submarine channel experiments. In: Parker, G., Garcí'a, M. (Eds.), *River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2005*. Taylor & Francis, London, pp. 527–533.
- Lewin, J., 1978. Meander development and floodplain sedimentation: a case study from mid-Wales. *Geological Journal* 13, 25–36.
- Lonsdale, P., Hollister, C.D., 1979. Cut-off at an abyssal meander, South of Iceland. *Geology* 7, 597–601.
- Mayall, M., O'Byrne, C., 2002. Reservoir prediction and development challenges in turbidite slope channels. *Offshore Technology Conference*, Houston, OTC Paper 14029.
- Mayall, M., Jones, E., Casey, M., 2006. Turbidite channel reservoirs key elements in facies prediction and effective development. *Marine and Petroleum Geology* 23, 821–841.
- Métivier, F., Lajeunesse, E., Cacas, M.C., 2005. Submarine canyons in the bathtub. *Journal of Sedimentary Research* 75, 6–11.
- Miall, A.D., 1996. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Springer, Hedberg, 582pp.
- Miall, A.D., 2002. Architecture and sequence stratigraphy of Pleistocene fluvial systems in the Malay Basin, based on seismic time-slice analysis. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 86, 1201–1216.
- Mitchum, R.M. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 11: glossary of terms used in seismic stratigraphy. In: Payton, C.E. (Ed.), *Seismic Stratigraphy—Applications to Hydrocarbon Exploration*. AAPG Memoir, vol. 26, pp. 205–212.
- Peakall, J., McCaffrey, W.D., Kneller, B., Stelting, C.E., McHargue, T.R., Schweller, W.J., 2000. A process model for the evolution of fan submarine channels: Implications for sedimentary architecture. In: Bouma, A.H., Stone, C.G. (Eds.), *Fine-Grained Turbidite Systems*, AAPG Memoir, vol. 72 (SEPM Publication 68), pp. 73–88.
- Pirmez, C., 1994. Growth of a submarine meandering channel-levee system on the Amazon Fan, Ph.D. Thesis (unpublished), 587pp.
- Pirmez, C., Flood, R.D., 1995. Morphology and structure of Amazon Channel. In: Flood, R.D., Piper, D.J.W., Klaus, A., et al. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports*, 155, Ocean Drilling Program, College Station, TX, pp. 23–45.
- Pirmez, C., Imran, J., 2003. Reconstruction of turbidity currents in Amazon Channel. *Marine and Petroleum Geology* 20, 823–849.
- Posamentier, H.W., Vail, P.R., 1988. Eustatic controls on clastic deposition II—sequence and systems tract models. In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Posamentier, H.W., Van Wagoner, J., Ross, C.A., Kendall, C.G.St.C. (Eds.),

- Sea-level Changes: An Integrated Approach, vol. 42. SEPM Publication, pp. 125–154.
- Posamentier, H.W., Kolla, V., 2003. Seismic geomorphology and stratigraphy of depositional elements in deep-water settings. *Journal of Sedimentary Research* 73, 367–388.
- Reineck, H.E., Singh, I.B., 1990. *Depositional Sedimentary Environments*. Springer, Heidelberg, 649pp.
- Samuel, A., Kneller, B., Raslan, S., Sharp, A., Parsons, C., 2003. Prolific deep-marine slope channels of the Nile Delta, Egypt. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 87, 541–560.
- Scasso, R.A., Dozo, M.T., Cuitino, J.I., Bouza, P., 2012. Meandering tidal-fluvial channels and lag concentration of terrestrial vertebrates in the fluvial tidal transition of an ancient estuary in patagonia. *Latin American journal of sedimentology and basin analysis*. 19 (1), 27-45.
- Schwenk, T., SpieX, V., Hu" bscher, C., Breitzke, M., 2003. Frequent channel avulsions within the active channel–levee system of the middle Bengal Fan—an exceptional channel–levee development derived from Parasound and Hydrosweep data. *Deep-Sea Research II* 50, 1023–1045.
- Schumm, S.A., 1981. Evolution and response of the fluvial system, sedimentological implications. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication* 31, 19–29.
- Schumm, S.A., 1985. Patterns of alluvial rivers. *Annual review of Earth and Planetary Sciences* 13, 5–27.
- Schumm, S.A., Mosley, M.P., Weaver, W.E., 1987. *Experimental Fluvial Geomorphology*. Wiley, New York, 413pp.
- Shanmugam, G., 2000. 50 years of the turbidite paradigm (1950s–1990s): deep-water processes and facies models—a critical perspective. *Marine and Petroleum Geology* 17, 285–342.
- Sikkima W., Wojcik, K.M., 2000. 3D visualization of turbidite systems, Lower Congo Basin, offshore Angola. In: Weimer, P., Slatt, R.M., Coleman, J.L., Rosen, N., Nelson, C. H., Bouma, A.H., Perkins, B.F. (Eds.), *Global Deep-water Reservoirs: GCSSEPM Foundation 20th Annual B.F. Perkins Research Conference*, Houston, pp. 928–939.
- Stacey, M.W., Bowen, A.J., 1988. The vertical structure of density and turbidity currents: theory and observations. *Journal of Geophysical Research* 93, 3528–3542.
- Straub, K., Mohrig, D., McElroy, B., Buttles, J., Pirmez, C., 2008. Interactions between turbidity currents and topography in aggrading sinuous submarine channels: a laboratory study. *Geological Society of America Bulletin* 120, 368-385.



- Sylvester, Z., Pirmez, C., Contelli, A., 2011. A model of submarine channel-levee evolution based on channel trajectories: Implications for stratigraphic architecture. *Marine and Petroleum Geology*, 28, 716-727.
- Tyler, N., 1988. New oil from old fields. *Geotimes* 33, 8–10.
- Weimer, P., 1991. Seismic facies, characteristics and variations in channel evolution, Mississippi Fan (Plio-Pleistocene), Gulf of Mexico. In: Weimer, P., Link, M.H. (Eds.), *Seismic Facies and Sedimentary Processes of Submarine Fans and Turbidite Systems*. Springer, New York, pp. 323–347.
- Wonham, J.P., Jayr, S., Mougamba, R., Chuilon, P., 2000. 3D sedimentary evolution of a canyon fill (Lower Miocene-age) from the Mandorove Formation, offshore Gabon. *Marine and Petroleum Geology* 17, 175–197.
- Wormleaton, P.R., Hey, R.D., Sellin, R.H.J., Bryant, T., Loveless, J., Catmur, S.E., 2005. Behavior of meandering overbank channels with graded sand beds. *Journal of Hydraulic Engineering* 131, 665–681.
- Wynn, R.B., Cronin, B.T., Peakall, J., 2007. Sinuous deep-water channels: genesis, geometry and architecture. *Marine and Petroleum Geology*, 24, 341-387.
- URL-1-[https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%96k%C3%BCzboynuzu\\_G%C3%B6l%C3%BC](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%96k%C3%BCzboynuzu_G%C3%B6l%C3%BC), 20.11.2022
- URL-2- [http://en.wikipedia.org/wiki/Fly\\_River](http://en.wikipedia.org/wiki/Fly_River), 17.10.2022
- URL-3- <https://www.pinterest.ca/pin/802696333568547893/>, 10.10.2022
- URL-4- <https://www.flickr.com/photos/zeesstof/8010660795/>, 18.04.2022
- URL-5-[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/Linked\\_debris\\_diagram.gif](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/Linked_debris_diagram.gif), 20.12.2021



“

## **Bölüm 7**

### **GAZ TÜRBİNLİ REKUPERATÖRLÜ KOJENERASYON SİSTEMLERİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ**

*Rabi KARAALİ<sup>1</sup>*

*Arzu KEVENİ*

”

---

<sup>1</sup> Doç.Dr.; Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği  
Bölümü rabikar@gmail.com ORCID No: 0000-0002-2193-3411

<sup>2</sup> Dr.Öğr.Gör; Kocaeli Üniversitesi Gölcük Meslek Yüksek Okulu Motorlu  
Araçlar ve Ulaştırma Teknolojisi Bölümü arzu.keven@kocaeli.edu.tr ORCID  
No: 0000-0003-0040-9167

## GİRİŞ

Enerji verimi, kullanım, ihtiyaç ve maliyet artmakta olduğundan önemli hale gelmektedir. Enerjinin verimli üretiminde en önemli yollardan biri de kojenerasyondur. İki enerji türünü aynı sistemde ve anda üretmeye kojenerasyon denir. En yaygın ve en çok kullanılan enerji çeşitleri elektrik ve ısı enerjisi olup kojenerasyon ile üretilmesi önemlidir. Konvansiyonel sistemler ısı ve elektrik enerjisini ayrı ayrı ürettiğinden, verimleri düşük olmaktadır (Boyce, 2002). Kojenerasyon sistemlerinde enerji ve ekserji verimi kojenerasyon ile yapılması durumunda 30% dolayında klasik çevrimlerden fazladır. Ayrıca iki çeşit enerji tek bir tesis ile üretildiği için tesisin yatırım ve işletme masrafları çok fazla düşmektedir (Wilkinson ve Barnes, 1993). Üretimin aynı anda üç amaca yönelikse yani ısı, elektrik ve ısısının bir kısmının yardımıyla soğutma varsa trijenerasyon olarak adlandırılmaktadır. Bu durumda tesisin yıllık kullanımı ve yoğunluğu artmaktadır (Karaali ve Oztürk, 2017). Yani ister kojenerasyon ister trijenerasyon tesisi olsun daha az maliyetli bir enerji üretimi ile tasarruf sağlanabilmektedir. Bunun yanında çevre kirliliği azalmakta ve atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı düşmektedir. Kojenerasyon çevriminin yerinin kurulmadan önce atmosfer sıcaklığı, yerden olan yüksekliği, havasının nemi saptanmalıdır. NO<sub>x</sub>'nin ortaya çıkmasını önlemek için kompresöre giren havaya kütesinin % 2'si civarında demineralize su zerrecikleri verme ya da yanma odası içine buhar enjekte edilmesi gibi yöntemlere başvurulabilir (ASHRAE, 2000). Gaz türbinli kojenerasyon çevrimlerinin ana makinesi gaz türbini olup tüm sistemin, verimini, çalışma yöntemini ve tarzını belirler (Jaluria, 2008).

Kompresör, havayı ya da gaz olan akışkanı alıp yüksek basınca ulaştıran bir cihaz olup, santrifüj, pistonlu, ya da eksenel olarak adlandırılan çeşitleri bulunmaktadır. Yüksek basınçlar ( $P_2/P_1=r>30$ ) ve düşük debiler için pistonlu kompresörler, orta basınçlar ( $r=5-25$  arası) ve orta debiler için santrifüj, düşük basınç ( $r<20$ ) ve yüksek debiler için eksenel kompresörler kullanılır. Eksenel ve santrifüjlü kompresörler sürekli akışlı olup gaz türbinli kojenerasyon tesislerinde kullanımı yaygındır. Gücü 5 MW üzerinde olanların çoğu eksenel akışlı olan kompresörler kullanılır. Verimleri de pistonlu, santrifüj ve eksenel kompresörler de % 80, % 85 ve % 90 dolayındadır (Boyce, 2002). Gaz türbini çıkışından sonra egzoz gazının ısısı, rekuperatör vasıtasıyla kompresör çıkışındaki basınçlı havaya yanma odasından önce bir miktarını verir. Rekuperatör yaygın olarak levha tipi imal edilirler. Isıya dayanımlı ve ısıyı iletme özelliklerinin iyi olması başlıca istenen özelliklerdendir. Yanma odalarından ise temel olarak istenen işlev, iyi bir yanma reaksiyonu ile yüksek basınçta olan gazın sıcaklığını artırmaktır. Halkalı, silindir halkalı, boru tipli ya da dış (labotatuvarlar için) yanma odaları olarak dört çeşitleri mevcuttur. Boru tipli olanlar endüstriyel türbinler için en çok

kullanılan ve tercih edilen tiptir. Birçok değişik yanma odaları şekilleri vardır, ancak gaz türbinlerinde kullanılanlar karışma, yanma ve seyrelme bölgesi olarak üç özelliğe sahiptir. Ayrıca DLE (Dry Low Emission) de denilen düşük  $\text{NO}_x$  üretme özelliklerine sahip olarak üretilir. Katalitik yanma odalarında yanma katalizörün yüzeyine yakın bölgede olduğundan sifıra civarında  $\text{NO}_x$  emisyonu verir ve kullanımı ve üretimi yaygındır (Boyce, 2002). Eksenel akışlı ve radyal türbinler olmak üzere gaz türbinleri iki çeşittir. Bunlarda kendi içlerinde impulse (etki) ve reaction (tepki) türbinleri şeklinde sınıflandırılmaktadır. Uygulamada % 95 oranında eksenel akışlı olanlar kullanılmaktadır. Türbinlerde akışkanın enerjisinin bir miktarı mekanik enerjiye dönüştürülür ve kalan kazanılamayan kısmı da kinetik enerji şeklinde türbinden çıkışı sağlanır (Horlock, 1997). Isı değiştiricisi ya da atık ısı geri kazanım cihazı, (Heat Recovery Steam Generator-HRSG) kalan egzoz enerjisinin bir kısmını suya aktarır yüksek sıcaklık ve basınçta buhar üretimini olanaklı kılar. Gaz türbini çıkışındaki egzoz gazının basıncı çevre basıncının biraz daha üzerindedir ve sıcaklıkları 500–950 °C arasındadır. Atık ısı geri kazanım cihazları ek yanmalı, yanmasız, ve egzoz yanmalı şeklinde üç farklı çeşitte üretilebilirler. 70–100 MW güç dolayındaki gaz türbinlerinde yanmasız ısı değiştiricileri davul tipi ve küçükler için tek giriş çıkışı olanlar olarak üretilir. Davul ya da drum tipi olanlarda ön ısıtma, ekonomizör ve yüksek sıcaklığa çıkılan bölüm olan super heater olarak üç bölümlüdür. Kanatlı borulu veya levha tipli şeklinde üretilir (Peters vd., 2003). Jeneratörde, tahrik sistemi, jeneratör, otomatik voltaj düzenleme (AVR), izole faz fırça, transformer ile gövde ve ölçüm sistemlerinden meydana gelir. Mekanik enerjiden elektrik enerjisi üreten jeneratör rotor, stator ve yağlama ile soğutma sistemine sahip olan mekanik bir gövdeden meydana gelir. Kumanda tablosu senkronizasyon, otomasyon, süreklilik ve güvenilirlik içerisinde elektriğin üretimini ve akışını sağlar (Çetinkaya, 1999). Kontrol sistemi, otomatik kontrolle çeşitli parametrelerin izlenmesi ile bu verilerin kullanımıyla sistem için istenen değerlerde çalışmasını sağlamaktadır.

Kompresör giriş havasını soğutmak elektrik gücünü artırmakta ve elektrik/ısı oranını düşürmektedir. Bu soğutma ile havanın yoğunluğu artırılırken, sabit hacimsel debi olduğundan türbine giren havanın kütlesi artırılmış olur. Giriş havasını soğutmak için, giren havaya su zerrelere enjekte etme yolu ile evaporatif soğutma, ya da atık ısı yardımı ile absorpsiyonlu ya da mekanik soğutma metotlarına başvurmak mümkündür (Karaali, 2010). Evaporatif soğutmada su enjekte edildiğinden giren havanın yoğunluğu artarken, su zerrelere buharlaşırken giren hava soğumuş olarak kompresöre girer. Giriş havasının soğutulması ile elektrik gücü artarken ısı gücü düşer ve çevrim verimi artar. Bunun yanında türbin giriş sıcaklığı düşürülerek türbin ömrü uzatılmış olur. (ASHRAE, 2000).

Kojenerasyon çevrimlerinin analizi en iyi ve doğru metot olan ve ekonomik ve termodinamik analizi birleştiren metot anlamına gelen

termoekonomik metot ile yapılabilir (Tozlu vd., 2017). Termoekonomi, ekserji ve ekonomik analiz ilkelerini kullanarak ekserji maliyetinin minimizasyonunu sağlamaktır. Verimsizliklerden dolayı ortaya çıkan maliyet ve ekserjinin her cihazda ya da işlemdeki kayıpları ile maliyetleri bu yöntemle bulunabilir. Ayrıca kayıp ve verimsizliklerin azaltılması ya da yok edilmesi için termoekonomik analiz yapılmalıdır (Karaali ve Oztürk, 2015). Literatürde kojenerasyon tesislerinin ekserji analizi temelli maliyet değerlendirmesi ve optimizasyonu yapmış birçok inceleme ve çalışma yayınlanmıştır (Karaali ve Keven, 2022; Karaali ve Oztürk, 2016; (Karaali ve Oztürk, 2017).

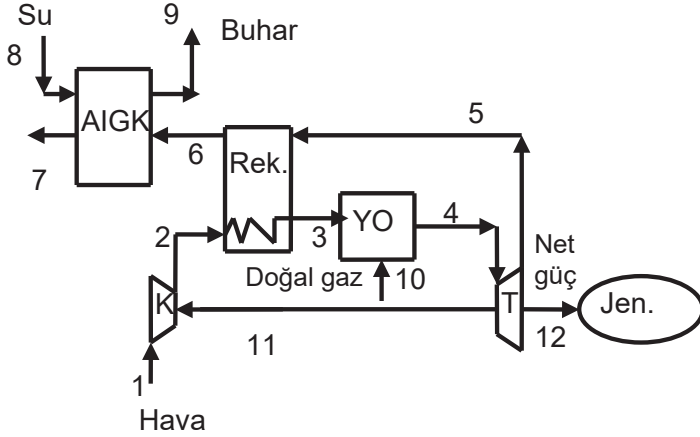
Bu çalışmada gaz türbinli rekuperatörlü kojenerasyon çevrimlerinin çalışma şartları araştırılmış ve gösterilmiş olup, termodinamiğin 1. ve 2. yasası ve ekserji analizi metotları kullanılmıştır. Fortran bilgisayar dilinde hesaplamalar için program yazılmış ve çalıştırılmıştır. Kojenerasyon çevrimini meydana getiren ısı değiştiricisi, kompresör, türbin, yanma odası ve rekuperatörün ekserjileri, verimleri ve performans durumları araştırılmıştır. Kompresyon oranlarının, hava fazlalık katsayısının, atmosfer sıcaklığının çevrim ve cihazlar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Tesisin ve cihazların giriş ve çıkış enerji ve ekserji değerleri hesaplanıp değerlendirilmiştir. Ekserji verimleri ve kayıpları tüm tesis ve cihazlar için hesaplanmış ve azaltılabileceği çalışma şartları araştırılmıştır. Hava fazlalık oranının, kompresör sıkıştırma oranının ve çevre sıcaklığının kojenerasyon tesisi ve cihazlarının verimi, çalışma durumları ve performansı üzerindeki etkisi tartışılmıştır.

## **GAZ TÜRBİNLİ REKUPERATORLÜ KOJENERASYON SİSTEMLERİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ**

Şekil 1’de gaz türbinli rekuperatörlü kojenerasyon tesisinin basit diyagramı gösterilmiştir. Kompresörde basıncı yükseltilecek hava, yanma odasına girmeden sıcaklığı rekuperatör vasıtasıyla artırılır. Doğal gaz ile havadaki oksijenin yanma odasında yanması sonucu, yüksek sıcaklıktaki ve basınçtaki egzoz gazları meydana gelmekte ve bu egzoz gazları gaz türbininde enerjisinin bir miktarını mekanik enerji olarak elektrik enerjisine dönüştürmek üzere aktarır. Buradan atık ısı geri kazanım ya da ısı değiştiricisi cihazında kalan ısı enerjisinin bir kısmını daha suya vererek çevreye verilir. Bu şekilde aynı anda hem gaz türbininden mekanik enerji jeneratörde elektrik enerjisine dönüştürülürken, atık ısı geri kazanım cihazında da buhar ya da sıcak su üretimi gerçekleşir (Karaali, 2010).

Sıcaklık, basınç ve kimyasal kompozisyon dönüşümü gibi değişiklikler kojenerasyon tesislerinin değişik cihazlarında olmaktadır. Bunların yanında yanma odasında kimyasal reaksiyon oluşmaktadır. Tesisin analizinde yapılmış olan kabuller şöyle sıralanabilir (Bejan ve diğ., 1996); Sistem sürekli rejimdedir, mükemmel gaz yasaları egzoz ve havaya

uygulanmış, yakıt doğal gazdır ve metan olarak ön kabulü yapılmıştır. Metanı mükemmel gaz kabul edilmiş ve yüksek basınçta yanmaya gönderildiği varsayıp tam yanma sonucu,  $\text{NO}_x$  oluşumu olmadığı farz edilmiştir. Isı kaybı ise yalnızca yanma odasında meydana gelmekte ve yakıt üst ısı değeri %2 kadarı olduğu kabulü yapılmıştır. Öteki cihazlardaki ısı kaybı sıfır olarak kabul edilmiştir. Kinetik ve potansiyel enerjiler göz önüne alınmamıştır (Karaali ve Oztürk, 2015).



Şekil 2 Gaz türbinli rekuperatorlü kojenerasyon tesisinin basit diyagramı

Sistemdeki iş ve ısı alışverişlerinin zaman ile sabit kaldığı sistem olan SASA-sürekli akışlı sürekli açık sistem şeklinde ele alınmıştır. Açık sistem ve kararlı rejimde termodinamiğin 1. yasası;

$$\dot{Q}_{KH} - \dot{W}_{KH} + \sum_g \dot{m}_g \left( h_g + \frac{v_g^2}{2} + gz_g \right) - \sum_c \dot{m}_c \left( h_c + \frac{v_c^2}{2} + gz_c \right) = 0 \quad (1)$$

Kütlenin sakınımı yasası sürekli rejim için;

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_c \quad (2)$$

Sabit hacim ve basınç için özgül ısılar ideal gazlar için özellik bağlantıları ile hesaplanır (Moran ve Tsatsaronis, 2000).

$$c_{v0} = \left( \frac{du}{dT} \right)_{v=st} \quad (3)$$

$$c_{p_0} = \left( \frac{dh}{dT} \right)_{p=st} \quad (4)$$

İç enerji ve entalpi için ideal gazın sıcaklığına bağlı değişim;

$$u_2 - u_1 = \int_1^2 c_{v0} dT \quad (5)$$

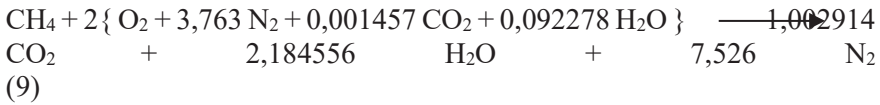
$$h_2 - h_1 = \int_1^2 c_{p0} dT \quad (6)$$

SASA için

$$\sum_C \dot{Q} - \sum_C \dot{W} = \Delta \dot{H} \quad (7)$$

$$\Delta \dot{H} = \sum_{çik.} \dot{n}h - \sum_{gir.} \dot{n}h \quad (8)$$

yazılır (Çengel ve Boles, 2000). Yanmada reaksiyona girenlerin toplam kütlesi ve reaksiyondan çıkanların toplam kütlesi birbirine eşit olmalıdır. Bunun yanında, her bir elementin atom sayısı da sabit olup sadece reaksiyona giren-çıkan maddelerin mol sayısı değişme gösterir. Yanma reaksiyonunda kimyasal reaksiyon şöyle alınmış olup;



Stokiyometrik hava teorik olarak tam yanma için gerekli olan en az hava kütlesidir. Ancak yanmanın tamamen gerçekleşmesi için gerekli teorik hava miktarının üzerinde hava kullanılır. Kullanılan hava miktarının teorik hava miktarına oranı hava fazlalık katsayısı (hfk) olarak adlandırılır.

$$hfk = \frac{\text{Gerçek hava miktarı(kg)}}{\text{Teorik hava miktarı(kg)}} \quad (10)$$

Referans hal olarak standart şartlar (25 °C, 100 kPa) seçilmiştir. Oluşum entalpisi,

$$h = \Delta h_{oluş.} + \int_{T_0}^T c_p dT \quad (11)$$

Atık ısı geri kazanım cihazı için etkinlik

$$\varepsilon = \frac{T_{soç} - T_{sog}}{T_{sicg} - T_{sog}} \quad (12)$$



Tersinir adyabatik hal değişimi sırasında ısı alışverişi sıfır olup entropi değişimi de sıfırdır ve entropi sabittir.

$$S_2 - S_1 = 0 \quad (13)$$

İdeal gazlar için molar entropi değişimi;

$$d\bar{s} = \frac{\bar{c}_{v0}(T)}{T} dT + \bar{R} \frac{dv}{v} \quad (14)$$

$$d\bar{s} = \frac{\bar{c}_{p0}(T)}{T} dT - \bar{R} \frac{dP}{P} \quad (15)$$

Bu eşitliklerin integrali alınarak iki nokta arası molar entropi değişimi (Çengel ve Boles, 2000);

$$\bar{s}(T_2, P_2) - \bar{s}(T_1, P_1) = \int_1^2 \frac{\bar{c}_{p0}(T)}{T} dT - \bar{R} \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (16)$$

$$\bar{s}(T_2, v_2) - \bar{s}(T_1, v_1) = \int_1^2 \frac{\bar{c}_{v0}(T)}{T} dT + \bar{R} \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (17)$$

Tersinir bir süreç sonunda çevre ile denge sağlanması durumunda elde edilebilecek teorik maksimum yararlı işe ekserji veya kullanılabilirlik denmektedir (Bejan, vd., 1996). Fiziksel ve kimyasal olmak üzere;

$$e_{fiz} = (\bar{h} - \bar{h}_0) - T_0 \cdot (s - s_0) = \int_{T_0}^T \bar{c}_{p0}(T) dT - T_0 \cdot \left( \int_{T_0}^T \frac{\bar{c}_{p0}(T)}{T} dT - \bar{R} \ln \frac{P_i}{P_0} \right) \quad (18)$$

$$\begin{aligned} e_{fiz} &= (\bar{h} - \bar{h}_0)_{kar} - T_0 \cdot (s - s_0)_{kar} \\ &= \sum_i x_i \left[ \int_{T_0}^T \bar{c}_{p0i}(T) dT \right. \\ &\quad \left. - T_0 \cdot \left( \int_{T_0}^T \frac{\bar{c}_{p0i}(T)}{T} dT - \bar{R} \ln \frac{P_i}{P_0} \right) \right] \end{aligned} \quad (19)$$

$$\bar{e}_{kim,kar} = \sum_i x_i \cdot \bar{e}_{kim,i} + \bar{R} \cdot T_0 \cdot \sum_i x_i \cdot \ln x_i \quad (20)$$

Referans haldeki ( $T_0, P_0$ ) bir maddenin çevresi ile kimyasal bileşim yönünden termodinamik denge haline gelmesi esnasında elde edilebilecek

teorik maksimum faydalı işe kimyasal ekserji denmektedir. Maddelerin kimyasal yapısı farklı olup kimyasal ekserjileri de birbirinden farklıdır. Bu şekilde akışın ya da bir kontrol kütlelerinin toplam ekserjisi;

$$\bar{E} = \bar{E}_{fiz} + \bar{E}_{kim} \quad (21)$$

Giren çıkan kütle değerleri birbirine eşit olan yani zamandan bağımsız olan kararlı açık sistemlerde ekserjinin ifadesi

$$\sum_i \dot{m}_i h_i - \sum_i T_0 \dot{S}_i - \sum_j \dot{m}_j h_j + \sum_j T_0 \dot{S}_j + \sum \dot{Q}_k - \sum \dot{Q}_k \frac{T_0}{T_k} - W = \dot{E}_{KAYIP} \quad (22)$$

ve

$$\eta_{ekver} = \frac{\text{Elde edilen ekserji}}{\text{Beslenen ekserji}} \quad (23)$$

Çevrimin analizinde termodinamik metotlarla analiz yapılarak, her bir birim elektrik için harcanması gereken yakıt değeri elde edilmelidir. Tesisin her durumu için kayıp miktarı hesaplanabilmelidir. Kojenerasyon tesisinin kurulacağı yerin rakımı, çevrenin sıcaklığı ve havasının nem oranı, harcanacak yakıtın bileşim ve çeşidi gibi kojenerasyon çevriminde kapasite ve güçte azalmaya sebep olacak başta çevresel olmak üzere tüm faktörler araştırılmalıdır. Tesisin termodinamik performans değerlendirmesi şu kriterler ile yapılabilir (Karaali ve Oztürk, 2016).

Çevrimin genel verimi elde edilen net iş ile elde edilen faydalı ısının toplamının, çevrime verilen yakıt enerjisine oranıdır.

$$\eta = \frac{W + Q_{buh.}}{Q_{BESLEN.}} \quad (24)$$

Elektrik verimi de, (Horlock, 1997).

$$\eta_{elek} = \frac{W}{Q_{BESLEN.}} \quad (25)$$

$$\eta_{ısıl} = \frac{Q_{buh}}{Q_{BESLEN.}} \quad (26)$$

YEKO ya da yakıt enerjisi kazanç oranı, klasik tesislerde elektrik ve ısı enerjisi için ayrı ayrı harcanan yakıt değerleri toplamının, kojenerasyon çevriminde üretimde kullanılan yakıt değerlerinden farkının, klasik tesislerdeki toplam yakıt miktarına oranıdır. YEKO kriteri kojenerasyon çevrimlerini değerlendirmede kullanılan en iyi, açıklayıcı ve aynı zamanda kapsamlı olan kriterdir (Horlock, 1997).

$$\Delta Q_{BESLEN.} = (Q_{NET}/(\eta_{YO})_H) + (W/\eta_{elekt.}) - Q_{BESLEN.} \quad (27)$$

Burada  $\Delta Q_{BESLEN.}$  klasik tesislere göre tasarruf edilmiş ısı miktarı olup,

$$(Q_{NET}/(\eta_{YO})_H) + (W/\eta_{elekt.}) \quad (28)$$

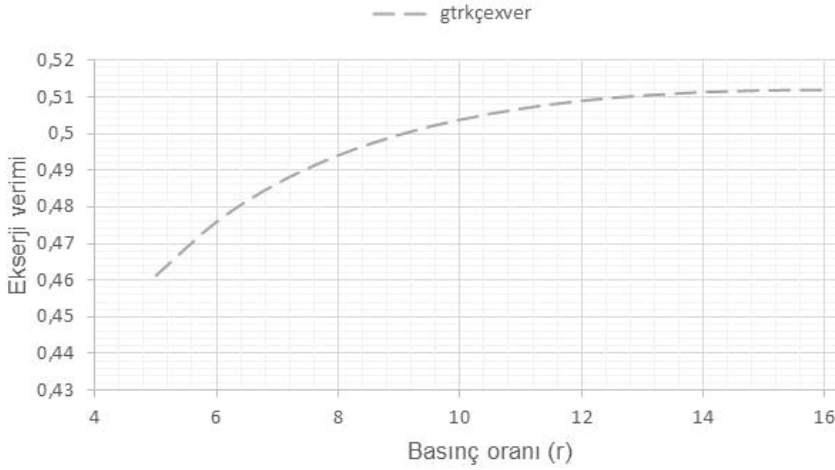
klasik tesislerdeki ısı ve işin ayrı üretilmesi halinde harcanan toplam enerjidir.  $Q_{BESLEN.}$  kojenerasyon tesislerindeki harcanan yakıtın ısı enerjisi olup klasik tesislerdeki boiler veya yanma odası verimi  $(\eta_{YO})_H=0,9$  ve elektrik verimi  $\eta_{elekt.}=0,4$  olarak kabul edilmiştir. Yakıt enerjisi kazanç oranı-YEKO

$$YEKO = \frac{\Delta Q_{BESLEN.}}{(\frac{Q_H}{(\eta_{YO})_H} + \frac{W}{\eta_{elekt.}})} \quad (29)$$

Kojenerasyon tesisini meydana getiren cihazların verimi, burada kompresör, atık ısı geri kazanım cihazı, rekuperatör, gaz türbini ve yanma odası verimleri, türbin ve kompresör için izentropik verimler, ısı değiştiricisi ve rekuperatör için etkinlik termodinamik kitaplarda tanımlanmış denklemler ile hesaplanarak bulunabilir. Bu formüllerin bir kısmı yukarıda verilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Burada kompresör sıkıştırma oranı ( $P_2/P_1 = r = 10$ ), izentropik kompresör ve türbin verimleri ( $\eta_{sc}=0,86$ ), ( $\eta_{st}=0,86$ ), bunun yanında basınç oranı ( $P_2/P_1 \leq 16$ ) olarak alınmış olup, ayrıca malzemenin sıcaklığa dayanım sınırı yüzünden, türbinin giriş sıcaklığı  $T_{çyo} < 1550$  K alınmıştır (Bejan ve diğ., 1996). Havanın kompresöre giriş sıcaklığı  $T_1 = 298,15$  K ( $25^\circ\text{C}$ ), giriş basıncı  $P_1 = 1,013$  bar (1atm) alınmıştır. Hava bileşimi de mol yüzdesi olarak % 20,59  $\text{O}_2$ , % 77,48  $\text{N}_2$ , % 1,9  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , % 0,03  $\text{CO}_2$  şeklinde kabul edilmiştir. Suyun giriş sıcaklığı ve basıncı atık ısı geri kazanım cihazı için  $T_{HRSG} = 298,15$ ,  $P_{HRSG} = 20$  bar, egzozun çevreye atıldığı basınç  $P_{egz} = 1,013$  bar, ve gaz tarafında da %5 basınç kaybı olduğu kabul edilmiştir. Yanma odasına giren yakıtın sıcaklığı  $T_{YO} = 25^\circ\text{C}$ 'dir. Yakıtın giriş basıncı da  $P_{yakıt} = 12$  bar kabul edilmiştir (Bejan ve diğ., 1996).  $T_{buhar} = 485,57$  K ve  $T_{bacasic} = 426$  K şeklinde farz edilmiştir.



**Şekil 2:** Basınç (kompresör sıkıştırma) oranlarının ekserji verimi üzerine olan etkisinin değişimi.

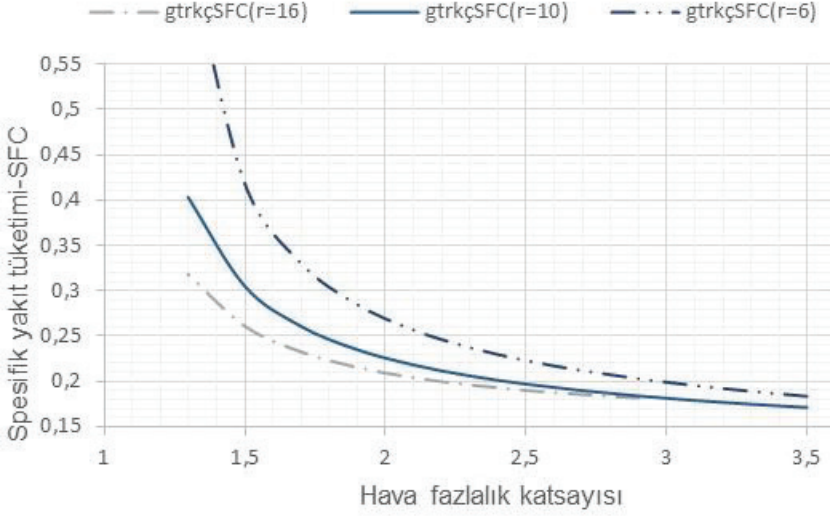
Şekil 2’de basınç (kompresör sıkıştırma) oranlarının ekserji verimi üzerine olan etkisinin değişimi verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi basınç oranı arttıkça ekserji verimi artmaktadır. Burada yanma odası çıkış sıcaklığı sabit alınmadığından, hava ve yakıt kütlesi miktarı ile rekuperatör çıkış sıcaklığı sabit alındığından kompresör sıkıştırma oranının artmasının asıl etkisi ortaya çıkmıştır. Basınç oranlarının 5’ten 16’ya çıkarılması ekserji verimini %10’lar dolayında artırmaktadır.

Şekil 3’te değişik basınç oranlarında hava fazlalık katsayısının Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC’ye olan etkisinin değişimi verilmiştir. Birim kW saat başına harcanan yakıt miktarı demek olan spesifik yakıt tüketimi hava fazlalık katsayısı arttıkça azalmaktadır. Bunun yanında kompresör sıkıştırma oranının artırılmasının da spesifik yakıt tüketimini düşürdüğü görülmektedir. Basınç oranı  $r=6$  için bu düşüş %70’in üzerinde,  $r=10$  için bu düşüş %60’ın üzerinde ve  $r=16$  için %55’in üzerinde olmaktadır.

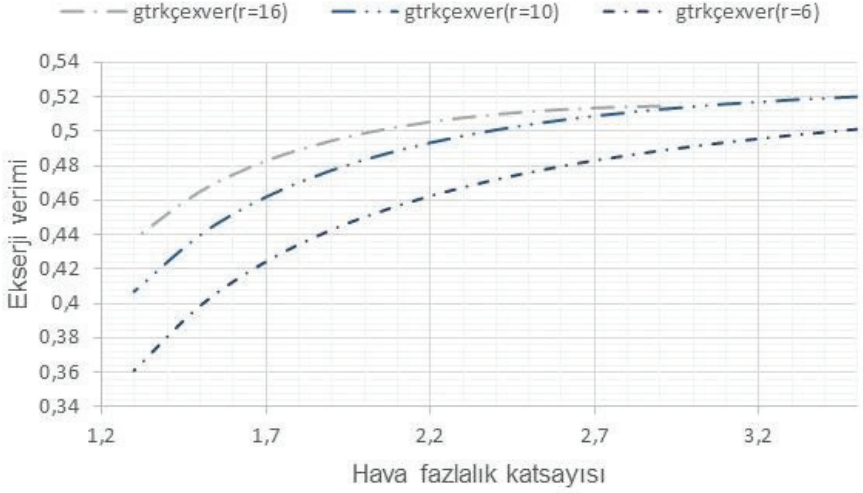
Şekil 4’te değişik basınç oranlarında hava fazlalık katsayısının ekserji verimine olan etkisinin değişimi verilmiştir. Hava fazlalık katsayısının artırılmasının ekserji verimini basınç oranı  $r=6$  için bu artış %40,  $r=10$  için %27 ve  $r=16$  için %18 dolaylarında olmaktadır. Ayrıca belli bir hava fazlalık katsayısında basınç oranının artırılması %10’lar civarında bir ekserji verimi artışı sağlamaktadır.

Şekil 5’te değişik basınç oranlarında hava fazlalık katsayısının YEKO-yakıt enerjisi kazanım oranına olan etkisinin değişimi verilmiştir. Yakıt enerjisi kazanım oranı kojenerasyonun klasik tesise göre sağladığı yakıt tasarrufunun klasik tesis durumunda harcanan yakıtı oranın olduğundan hem hava fazlalık katsayısının artmasının hem de basınç oranlarının artırılmasının tasarruf edilen yakıt miktarını artırdığı ortaya çıkmaktadır. Bu artış  $r=6$  için %150,  $r=10$  için %60 ve  $r=16$  için %30

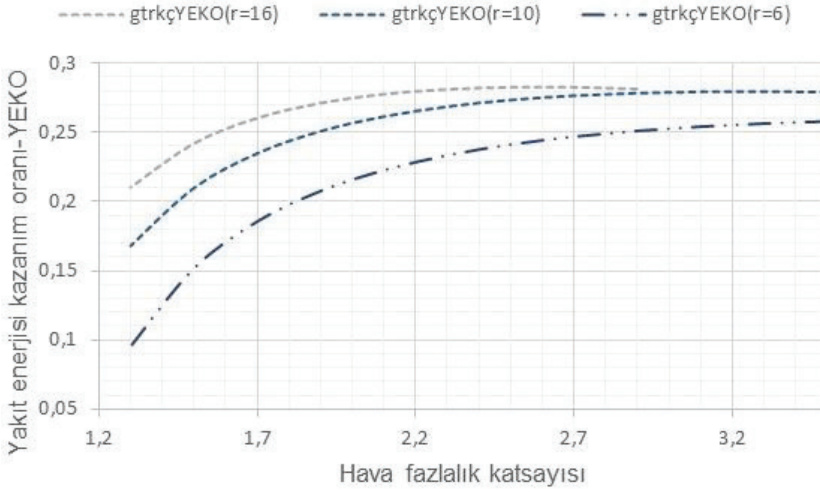
dolaylarında olmaktadır. Ayrıca basınç oranlarının artırılması da hava fazlalık katsayısına göre %30-110 dolaylarında yakıt enerjisi kazanım oranını artırmaktadır.



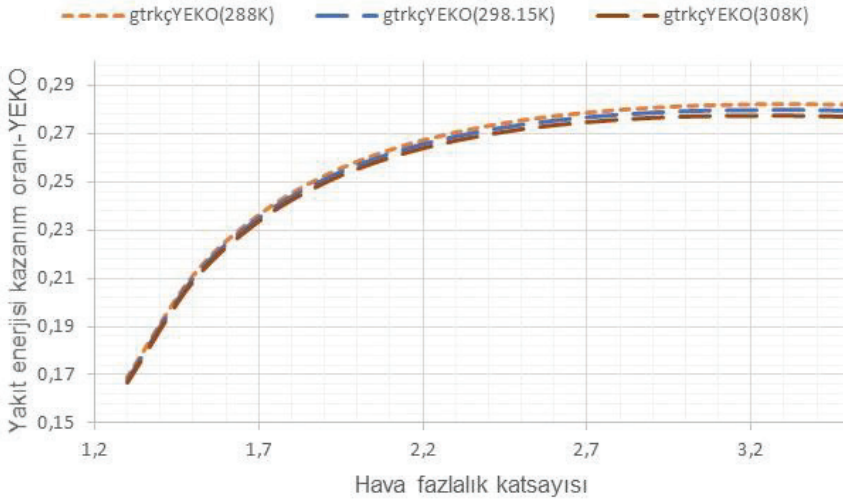
**Şekil 3:** Değişik basınç oranlarında hava fazlalık katsayısının Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC'ye olan etkisinin değişimi.



**Şekil 4:** Değişik basınç oranlarında hava fazlalık katsayısının ekserji verimine olan etkisinin değişimi.

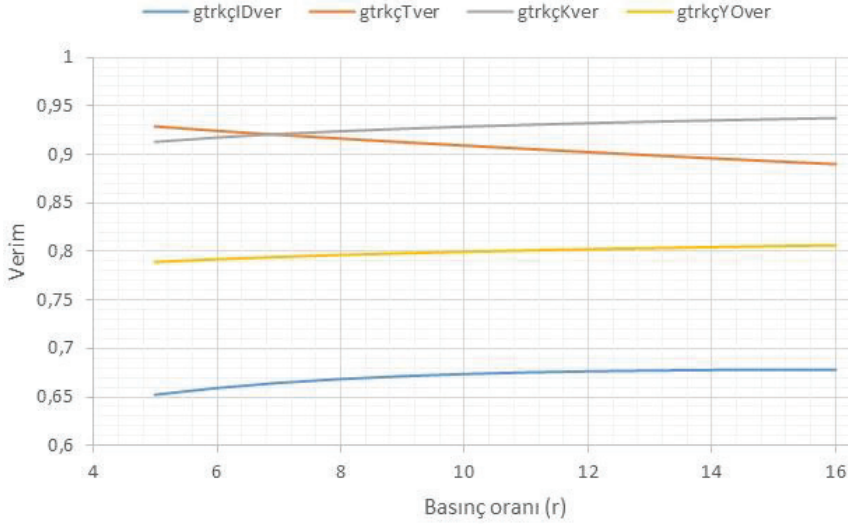


**Şekil 5:** Değişik basınç oranlarında hava fazlalık katsayısının YEKO-yakıt enerjisi kazanım oranına olan etkisinin değişimi.



**Şekil 6:** Değişik kompresör giriş havası sıcaklıklarında hava fazlalık katsayısının YEKO-yakıt enerjisi kazanım oranına olan etkisinin değişimi.

Şekil 6’da değişik kompresör giriş havası sıcaklıklarında hava fazlalık katsayısının YEKO-yakıt enerjisi kazanım oranına olan etkisinin değişimi verilmiştir. Giriş havasının sıcaklığının 35 °C’den 15 °C’ye düşmesinin yakıt enerjisi kazanım oranını %1 dolaylarında artırdığı görülmektedir.



**Şekil 7:** Basınç oranlarının türbin, yanma odası, kompresör ve ısı değiştiricisi (HRSG) cihazlarının verimleri üzerine olan etkisinin değişimi.

Şekil 7’de basınç oranlarının türbin, yanma odası, kompresör ve ısı değiştiricisi (HRSG) cihazlarının verimleri üzerine olan etkisinin değişimi gösterilmiştir. Basınç oranlarının 5’ten 16’ya kadar artırılması türbin verimini %4 dolayında düşürmekte ancak yanma odasının verimini %2,5, ısı değiştiricisi (HRSG) verimini %5 ve kompresör verimini %3,3 dolayında artırmaktadır.

Şekil 8’de hava fazlalık katsayısının türbin, yanma odası, kompresör ve ısı değiştiricisi (HRSG) cihazlarının verimleri üzerine olan etkisinin değişimi gösterilmiştir. Hava fazlalık katsayısının 1,3’ten 3,5’e kadar artırılması yanma odasının verimini %2,5, türbin verimini %21, ısı değiştiricisi (HRSG) verimini %43 ve rekuperatör verimini %36 dolayında artırmaktadır.



**Şekil 8:** Hava fazlalık katsayısının türbin, yanma odası, kompresör ve ısı değiştiricisi (HRSG) cihazlarının verimleri üzerine olan etkisinin değişimi.

## SONUÇ

Bu çalışmada gaz türbinli rekuperatorlü kojenerasyon çevriminin termodinamik analizi, termodinamiğin 1. ve 2. yasaları ile ekserji metodu kullanılarak elde edilmiştir. Tesisin performansı ve çalışma durumları üzerinde en etkili olduğu görülen hava fazlalık katsayısının, basınç oranlarının ve çevre sıcaklığının ekserji verimi, Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC, YEKO-yakıt enerjisi kazanç oranı ve tesisi oluşturan cihazların verimlerine olan etkisi hesaplanmıştır.

Yanma odasının çıkış sıcaklıkları 1500 K'den düşük olmak kaydı ile sabit yakıt debisi ve sabit rekuperatör çıkış sıcaklığı  $T_{rek}=850$  K için alındığında hava fazlalık katsayısının maksimum etki yapmakta olduğu ve ekserji verimini yaklaşık %18-40'ın dolayında basınç oranına bağlı olarak artırdığı görülmüştür. Hava fazlalık katsayısının 1.3'ten 3.5'e kadar artırılması esnasında spesifik yakıt tüketimi azalmaktadır. Hava fazlalık katsayısının artırılmasının YEKO-yakıt enerjisi kazanım oranını %30-150 dolayında basınç oranına bağlı olarak artırdığı görülmüştür. Hava fazlalık katsayısının 1.3'ten 3.5'e kadar artırılması yanma odasının verimini %2.5, türbin verimini %21, ısı değiştiricisi (HRSG) verimini %43 ve rekuperatör verimini %36 dolayında artırmaktadır. Sıkıştırma oranı ve hava fazlalık katsayısı arttıkça çevrimin Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC azalmaktadır. Basınç oranlarının 5'ten 16'ya çıkarılması ekserji verimini %10'lar dolayında artırmaktadır. Basınç oranının 6'dan 16'ya çıkarılması durumunda spesifik yakıt tüketimi %55-70 dolaylarında düşmektedir. Ayrıca basınç oranlarının artırılması da hava fazlalık katsayısına göre



%30-110 dolaylarında yakıt enerjisi kazanım oranını artırmaktadır. Basınç oranlarının 5'ten 16'ya kadar artırılması türbin verimini %4 dolayında düşürmekte, ancak yanma odasının verimini %2.5, ısı değıştiricisi (HRSG) verimini %5 ve kompresör verimini %3.3 dolayında artırmaktadır. Çevre havasının 15 °C soğuk olması ekserji verimini %1 civarında artırmaktadır.

## REFERANSLAR

- ASHRAE. (2002). *Cogeneration systems and engine and turbine drives, ASHRAE systems and equipment handbook (SI), Chapter 7, American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers.*  
New York.
- Bejan, A., Tsatsaronis, G., Moran, M. (1996). *Thermal Design and Optimization.* Wiley Pub.
- Boyce, M.P. (2002). *Handbook for Cogeneration and Combined Cycle Power Plants.* Asme Press.
- Çengel, Y.A., Boles, M.A. (2000). *Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik.* Mc Graw Hill.
- Çetinkaya, S. (1999). *Gaz Türbinleri.* Nobel Yayın Dağıtım.
- Horlock, J.H. (1997). *Cogeneration-Combined Heat and Power (CHP).* CRIEGER Pub.
- Moran, J.M., Tsatsaronis, G. (2000). *The CRC Handbook of Thermal Engineering.* CRC Press LLC.
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., West, R.E. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers.* Mc Graw Hill Chemical Engineering Series, Fifth Edition,
- Wilkinson, B.W., Barnes, R.W. (1993). *Cogeneration of Electricity and Useful Heat.* CRC Pres.
- Karaali R. (2010). Thermoeconomic optimization of cogeneration power plants. PhD Thesis. Kocaeli Univ.
- Karaali, R., Öztürk, İT. (2015). *Thermoeconomic analyses of steam injected gas turbine cogeneration cycles.*  
Acta Phys Pol A., 128(2B B-279), 279–81.
- Jaluria Y. (2008). *Design and optimization of thermal systems.* Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Özahi, E., Tozlu, A., Abusoglu, A. (2017). *Thermodynamic performance assessment of different fluids in a typical organic rankine cycle for usage in municipal solid waste power plant.* Acta Phys Pol A.;132(3-II No. 3-II):807–12.
- Karaali, R., Keven, A. (2022). *Evaluation of four different cogeneration cycles by using some criteria.* Applied Rheology 32: 122–137
- Bejan A., Tsatsaronis G., Moran, M. (1996). *Thermal design and optimization.* Danvers. Wiley Pub.
- Karaali, R., Öztürk, İT. (2015). *Thermoeconomic optimization of gas turbine cogeneration plants.*  
Energy. 80, 474–85.
- Karaali, R., Öztürk, İT. (2016). *Exergy Analysis of a Combined Power and Cooling Cycle.* Acta Phys. Pol. V.130 No. 1, 209-213.
- Karaali, R., Öztürk, İT. (2017). *Performance analyses of gas turbine cogeneration plants.* J. of Thermal Science and Technology (Isı Bilimi ve Tekniği Der.), V:37, No. 1, p. 25-33.

- Tozlu, A., Abusoglu, A., Özahi, E. (2017). *Thermoeconomic analysis and assessment of gaziantep municipal solid waste power plant*. Acta Phys Pol A.;132(3):513–7.
- Taner, T., Sivrioglu, M. (2017). *A techno-economic & cost analysis of a turbine power plant: A case study for sugar plant*. Renew Sustain Energy Rev. 78: 722–30.
- Karaali, R., Oztürk, IT. (2017). *Effects of Ambient Conditions on Performance of Gas Turbine Cogeneration Cycles*. J. of Thermal Science and Technology (Isı Bil.veTek.Der.), V.37, No. 1, p. 93-102.
- Karaali, R., Oztürk, IT. (2017). *Efficiency improvement of gas turbine cogeneration systems*. Tehnicki vjesnik – Technical Gazette , 24, Suppl. 1,p:21-27, DOI: 10.17559/TV20140509154652
- Taner, T., Sivrioglu, M. (2015). *Energy-exergy analysis and optimisation of a model sugar factory in Turkey*. Energy.93:641–54.



“

## **Bölüm 8**

### **YAPAY ZEKA, VERİ MADENCİLİĞİ VE GÖRÜNTÜ ANALİZİNİN ORMAN ENDÜSTRİ ALANINDA BAZI UYGULAMALARI**

*Selahattin BARDAK<sup>1</sup>*

*Timuçin BARDAK<sup>2</sup>*

”

<sup>1</sup> Doçent Doktor Selahattin BARDAK, Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Sinop, Türkiye, sbardak@sinop.edu.tr (Sorumlu yazar), ORCID ID: 0000-0001-9724-4762

<sup>2</sup> Doçent Doktor Timuçin BARDAK, Bartın Üniversitesi, Bartın Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Bartın, Türkiye, timucinb@bartin.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1403-1049

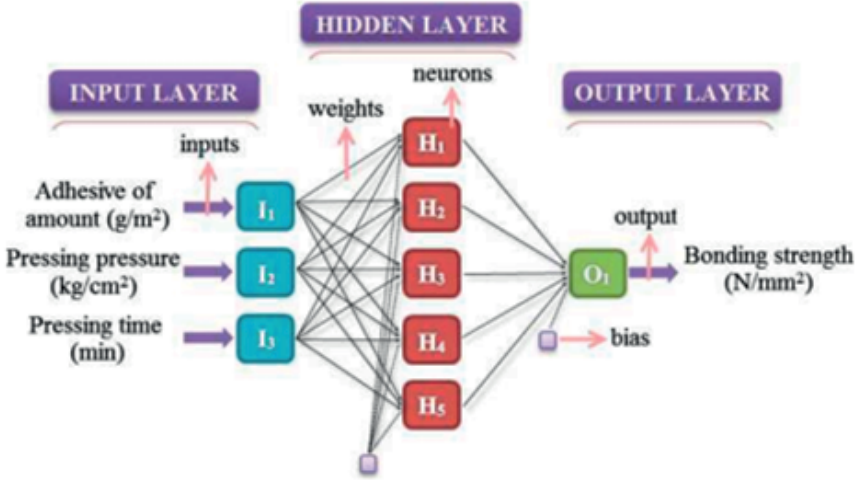
## GİRİŞ

Yapay zekanın, çok farklı alanlarda verimliliği artıran ve maliyetleri düşüren yararlı uygulamaları bulunmaktadır. Aynı zamanda yapay zeka çok değişkenli karmaşık problemlerin çözümde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapay zeka genel olarak, insanların yapabildiği görevleri daha hızlı ve hatasız yapabilen teknoloji olarak tanımlanabilir. Bu teknolojinin en önemli bileşenlerinden biri verilerdir. Veriler sayesinde yapay zeka insan görevlerini öğrenebilmektedir. Günümüzde verilerin çok hızlı artması ve kolay ulaşabilmesi nedeniyle bilim dünyasında yapay zeka çalışmaları hızlanmıştır. Araştırmaların ilgi duyduğu bir diğer popüler alan ise veri analizlerdir. Veri madenciliği, veri kümelerinde bulunan önceden bilinmeyen, değerli ve anlamlı bilgilerinin algoritmalar yardımıyla çıkartılmasıdır. Birliktelik analizleri, kümeleme, sınıflandırma, tahmin, metin madenciliği, aykırı değeri bulma veri madenciliğinin konuları içindedir. Sağlık ve finans gibi birçok farklı endüstride veri madenciliği algoritmaları kullanılmaktadır. Veri madenciliği sayesinde firmalar daha doğru kararlar alabilmektedir. Görüntü analizi bir diğer ilginç ve farklı endüstrilerde üretim verimliliğini artırma açısından ümit vaat eden araştırma alanlarından biridir. Görüntü analizi, dijital görüntülerde bulunan verilerin analiz edilerek içerisinde bulunan bilgileri çıkartma tekniğidir. Görüntü analizinde dikkat edilmesi gereken önemli konulardan biri resimleri yüksek kalitede elde etmektir. Teknolojinin ilerlemesi ile cep telefonları kullanılarak elde edilen resimlerle bilimsel araştırmalar yapılabilmektedir. Görüntü analiz alanındaki çalışmalar, genellikle farklı bilimsel disiplinler arasında etkileşimle gerçekleşmektedir. Örneğin ahşap kaplamalarda bulunan kusurların tespiti için görüntü analiz tekniklerinden faydalanılabilmektedir.

Orman endüstri alanında yapay zeka, veri madenciliği ve görüntü analizi çalışmaları incelendiğinde sınırlı sayıda yayına rastlanmaktadır. Bu çalışmada, orman endüstri için yapay zeka, veri madenciliği ve görüntü analiz uygulamaları hakkında bir literatür incelemesi yapılmıştır. Çalışma bu alanlardaki orman endüstri uygulamalarının faydaları ve önemi konusunda fikir vermektedir.

## ODUN MEKANİĞİ ALANINDA UYGULAMALAR

1- Tiryaki ve arkadaşlarının 2017 yılında yaptıkları çalışmada yapıştırıcı miktarı, pres basıncı ve pres süresini bağlı olarak kayın odununun yapışma dirençlerini bulmuşlardır. Daha sonra elde ettikleri bu yapışma dirençlerini yapay sinir ağları ile tahmin etmişlerdir. Oluşturulan modelin performansını belirleyen ortalama mutlak yüzde hatası % 2.454 ve korelasyon katsayısı % 97.8'dir. Bu değerlerde modelin başarılı olduğunu göstermektedir (Tiryaki vd., 2015). Yapışma direnci tahmininde kullanılan yapay sinir ağları modelinin yapısını gösteren şekil aşağıda verilmiştir.



Şekil 1. Yapışma direnci tahmininde kullanılan yapay sinir ağı modeli yapısı (Tiryaki vd., 2015)

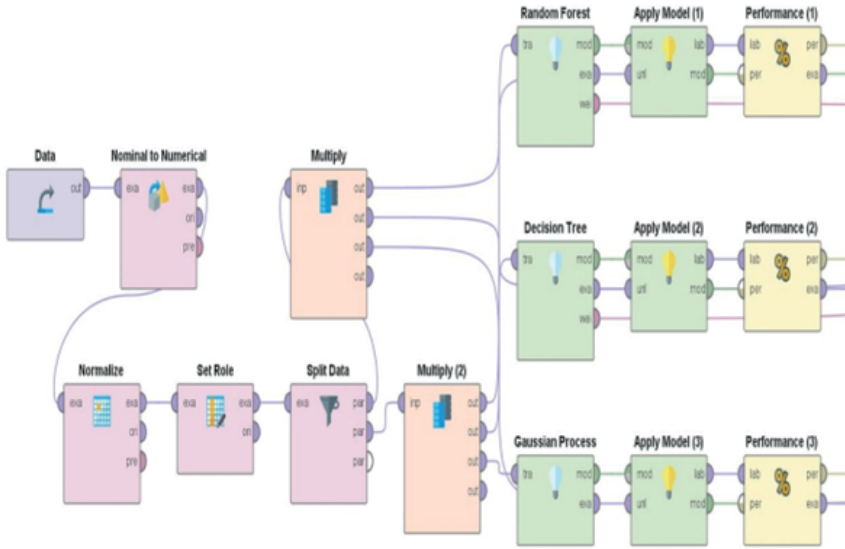
2- 2016 yılında yapılan bir çalışmada doğu kayını ve doğu ladini ağaçlarında pres sıcaklıkları (20- 80 °C) ve pres süreleri (2-20 dakika) değiştirilerek ve polivinil asetat tutkalı kullanılarak yapışma dirençleri hesaplanmıştır. Daha sonra bu bulunan deneysel değerler yapay sinir ağı modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda yapay sinir ağı modelinin test aşamasında yüksek oranda deneysel değerleri tahmin edebildiği bulunmuştur. (Bardak vd., 2016a)

3- Bardak ve arkadaşlarının 2017 yılında yaptıkları çalışmada kayın odununda yapışma direncini tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu çalışma için yapay sinir ağı ve çok değişkenli doğrusal regresyon modellerini kullanmışlardır. Daha sonra bu 2 modelin performanslarını karşılaştırmışlardır. Yapışma dirençlerini hesaplarırken prese girmeden önce yapışma direnci örneklerinin açık bekleme süresi, kapalı bekleme süresi ve malzemenin rutubet içeriği gibi değişkenleri kullanmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda yapay sinir ağı modelinin test aşamasında modelin performansını belirleyen ortalama mutlak yüzde hata % 3.587 ve korelasyon katsayısı % 97.7 olarak bulunmuştur. Çok değişkenli doğrusal regresyon modelinde ise ortalama mutlak yüzde hata % 14.220 ve korelasyon katsayısı ise % 52.4 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre yapay sinir ağı modeli Çok değişkenli doğrusal regresyon modeline göre yapışma direncini daha iyi tahmin etmiştir (Bardak vd., 2016b).

4- 2019 yılında yapılan bir çalışmada emprenye edilmiş ağaç malzemenin çeşitli faktörler değiştirilerek basınç direnci, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri hesaplanmıştır. Daha bu deneysel verilere geleneksel regresyon analizi, çok değişkenli uyarlamalı regres-

yon analizi ve öğretme-öğrenme tabanlı optimizasyon algoritması uygulanmıştır. En iyi denklemi bulabilmek için fonksiyonlar birbirlerine karşı kontrol edilmiştir. Genel olarak, tüm fonksiyonlar mekanik özellikleri başarıyla tahmin etmiştir. Ancak çok değişkenli uyarlamalı regresyon analizi ve öğretme-öğrenme tabanlı optimizasyon algoritması mekanik özellikleri tahmin etmede daha iyi doğruluk sağlamıştır (Tiryaki vd., 2019).

5- Bardak ve arkadaşlarının 2021 yılında yaptıkları çalışmada emprenye edilmiş sarı çam ve wenge ahşap malzemenin eğilme dirençlerinin vakum zamanı ve difüzyon zamanını değiştirerek bulmuşlardır. Daha sonra bu deneysel verileri karar ağacı rasgele orman algoritması ve gauss süreci modellerini kullanarak tahmin etmişlerdir. Bu modelleri uygulayabilmek için rapidminer yazılımından faydalanmışlardır. Yapılan çalışma sonucu her modelin eğilme direncini tahmin etmede başarılı olmuşlardır. Fakat modellerin test aşamasında en iyi sonucu karar ağacı modeli vermiştir (Bardak vd., 2021). Rapidminer yazılımında modellerin uygulanması için oluşturulan proses Şekil 2’de verilmiştir.

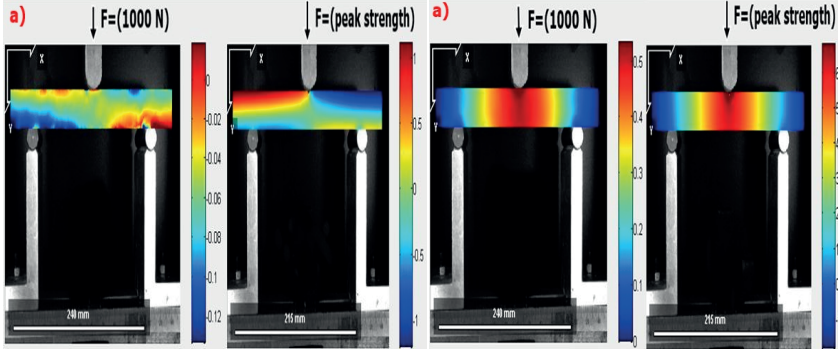


Şekil 2. Modellerin uygulanmasında kullanılan proses (Bardak vd., 2021)

6- 2017 yılında yapılan bir çalışmada doğu kayını ve doğu ladini ahşap malzeme örneklerini değişik su sıcaklıklarında ve sürelerde ısıtılan örneklerin yapışma dirençlerini bulmuşlardır. Daha sonra bu deneysel sonuçları yapay sinir ağları modeli tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada modelleme sonuçları dikkate alındığında yapay sinir ağlarının bağlanma kuvvetini tahmin etmek için verimli ve kullanışlı bir modelleme aracı olduğunu göstermiştir (Tiryaki vd., 2016a).



7- 2017 yılında yapılan bir çalışmada kayın, meşe ve kayın kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme deneyinde yer değiştirmeleri ve gerinim alanları dijital görüntü korelasyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda dijital görüntü korelasyon analizi masif malzeme ve kontrplak da eğilme davranışını anlamamıza yardımcı olan gerilme ve yer değiştirmenin tespitinde etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir. (Bardak vd., 2017). Şekil 3’de yapılan çalışmada dijital görüntü korelasyon analizi ile elde edilen görüntüye örnek verilmiştir.



**Şekil 3.** Dijital görüntü korelasyon analizi ile elde edilen görüntü örneği (Bardak vd., 2017).

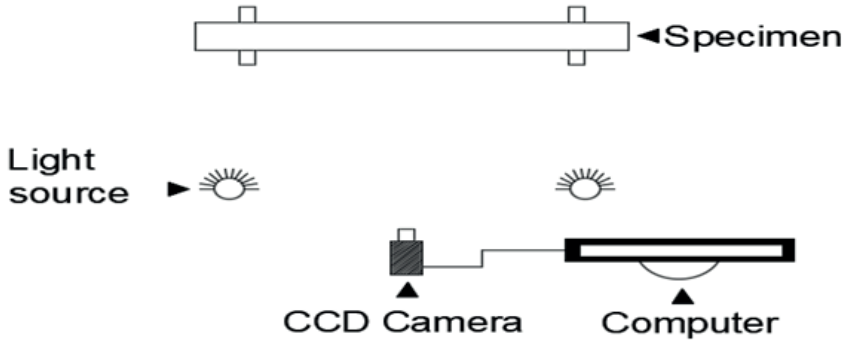
8- 2018 yılında yapılan bir çalışmada vidalar arası mesafe, vida uzunluğu ve vida çapı değiştirilerek yongalevhada sıkıştırma ve baskı altında moment kapasitesi belirlenmiştir. Daha sonra bu deneysel veriler yapay sinir ağları modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda yapay sinir ağları modelinin (test aşamasında,  $R^2 = \%98.4$ ) moment kapasitesini belirlemede başarılı olduğu bulunmuştur (Bardak, 2018).

9- 2018 yılında yapılan bir çalışmada yapay sinir ağları ve derin öğrenme algoritmaları kullanılarak nanokompozitte deformasyon tahmin edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda derin öğrenme algoritmasının yapay sinir ağları modeline göre nanokompozitte deformasyonu tahmin etmede daha başarılı olduğu tespit edilmiştir (Eser vd., 2018).

10- 2013 yılında yapılan bir çalışmada kontrplaklarda yapışma direncinde yapay sinir ağları modelini kullanarak optimum üretim parametrelerini bulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmadaki üretim faktörleri ağaç türü, kaplama soyma sıcaklığı, kaplama kurutma sıcaklığı, yapıştırıcı türü ve odun yoğunluğudur. Bu değişkenlere göre elde edilen deneysel yapışma direnci değerleri yapay sinir ağları modeli ile değerlendirilerek en iyi üretim faktörleri belirlenmiştir. Modele göre sarıçamda en yüksek yapışma direnci değerlerini veren optimum soyma ve kurutma sıcaklık aralıkları fenol formaldehitli paneller için sırasıyla 48–50 °C ve 154–160 °C, melamin üre formaldehit yapıştırıcılı paneller için 32–50 °C ve 110–124 °C

olarak bulunmuştur. Sahil çamı kontrplak paneller için fenol formaldehit yapıştırıcı için optimum sıcaklık aralıkları 49–50 °C (soyma sıcaklığı) ve 138–160 °C (kurutma sıcaklığı) iken, melamin üre formaldehit yapıştırıcı- lı paneller için optimum sıcaklık aralıkları 38–50 °C (soyma sıcaklığı) ve 110–125 °C (kurutma sıcaklığı) 'dir. Avrupa karaçamı kontrplak paneller için optimum sıcaklık aralıkları, fenol formaldehit yapıştırıcılı paneller için 32 °C (soyma sıcaklığı) ve 126–123 °C (kurutma sıcaklığı) ve MUF yapıştırıcılı paneller için ise 32–50 °C (soyma sıcaklığı) ve 110–112 °C (kurutma sıcaklığı) olarak bulunmuştur (Demirkır vd., 2013).

11- 2019 yılında yapılan çalışmada ahşap kompozitlerin farklı yükler altındaki deformasyon davranışları belirlenmiştir. Bu amaçla, cam elyafı, karbon elyafı, meşe (*Quercus robur*) ve poliüretan reçinesi ile yapılan ahşap yapı malzemeleri için gerinim ve yer değiştirme dağılımları ölçülmüştür. Bunu yapabilmek için sayısal görüntü korelasyon yöntemi (DIC) kullanılmıştır. Eğilme testinde belirli yükler altında kaydedilen görüntülerden deformasyon davranışları belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen veriler ahşap kompozitlerin gerinim dağılımının mukavemet özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Özellikle takviye malzemeleri ve ahşap kompozitler takviyeli malzeme olduğunda, yapıştırıcı uyumluluğuna ve gerinim dağılımına büyük önem verilmesi gerektiği belirlenmiştir (Bardak, 2019). Görüntü analizi için kullanılan deneysel kurulum Şekil 4'de verilmiştir.



**Şekil 4.** Görüntü analizi için hazırlanan deneysel kurulum (Bardak, 2019).

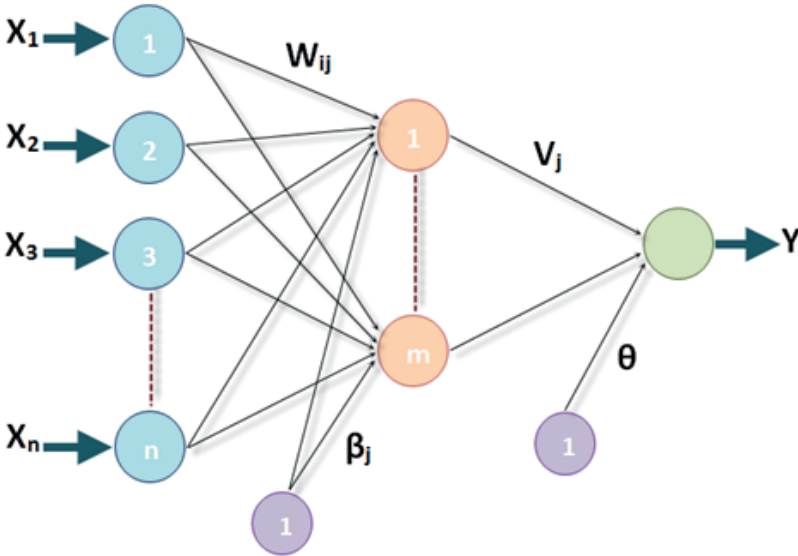
12- 2009 yılında yapılan çalışmada yongalevhaların elastikiyet modülü (MOE) ve kopma modülü (MOR) değerlerini belirlemek için bulanık mantık sınıflandırıcısına dayalı bir model oluşturulmuştur. Çalışmada sarıçam ve titrek kavak odunları belirli oranlarda kullanılarak yongalevhalar üretilmiştir. Daha sonra bu yongalevhaların deneysel olarak MOE VE MOR değerleri hesaplanmış ve bulanık mantık yöntemiyle modellenerek tahmin edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda model bilinen değerleri % 95.27-% 96.28 ile doğru tahmin etmiştir. Bilinmeyen değerleri ise % 92.45- % 97.33 ile doğru tahminde bulunmuştur (Yapıcı vd., 2009).

13- 2021 yılında yapılan çalışmada, renk parametreleri kullanılarak yapay olarak yıpranmış köknar, kızılgağaç, meşe ve kavak ağacının mekanik özelliklerini tahmin etmeye yönelik bir makine öğrenimi modeli geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda makine öğrenme modelinin tahmin için başarılı olduğu belirlenmiştir (Nasir vd., 2021).

14- 2020 yılında yapılan bir çalışma, kılavuzlu dalga yayılımı ve makine öğreniminden faydalanarak ahşabın mekanik özellikleri tahmini edilmiştir. Çalışma sonucunda makine öğrenimi ve dalga yayılımının güçlü bir araç olarak ahşabın mekanik özelliklerini belirlemek için kullanılabileceği gösterilmiştir (Fathi vd., 2020).

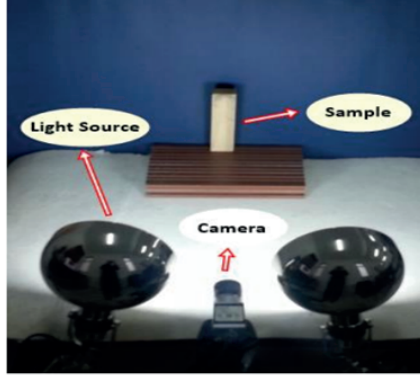
### AHŞABIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ALANINDA UYGULAMALAR

1- 2016 yılında yapılan bir çalışmada ısıtma işlemi uygulanmış doğu kayını ve sarıçam odununda hacimsel genişleme ve hacimsel daralma miktarları hesaplanmıştır. Bu değerler hesaplanırken sıcaklık ve süreler değiştirilmiştir. Daha sonra bu değerler yapay sinir ağları modeli ile tahmin edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda modelin başarısını belirleyen ortalama mutlak yüzde hata (test aşamasında) sırasıyla hacimsel genişleme ve daralma için % 2.599 ve % 2.647 olarak bulunmuştur. Yine modelin başarısında etkili olan korelasyon katsayısı (test aşamasında) ise hacimsel genişleme ve daralma için sırasıyla % 99.68 ve % 98.47 olarak bulunmuştur. Bu değerlere oluşturulan model başarılı olmuştur. (Tiryaki vd., 2016b). Çok katmanlı ağlara örnek Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. Çok Katmanlı Ağlara bir örnek (Tiryaki and Hamzacebi, 2014; Tiryaki vd., 2016)

2- 2017 yılında yapılan bir çalışmada saplı meşede yoğunluk tahmin edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmada 20 farklı örneğin ilk önce yoğunları bulunmuştur. Daha sonra bu örneklerin renk yoğunluğunu ölçmek için Kırmızı-Yeşil-Mavi (KYM) renk muayenesine dayanan dijital görüntü analiz yöntemi kullanılmıştır. Ölçülen değerler ve ahşabın KYM renk muayenesi sonucu elde edilen verilerden yeni bir bulanık mantık modeli geliştirilmiştir. Sonrasında deneysel ve model verileri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda oluşturulan modelin %98.17 oranında doğruluk vermiştir (Bardak ve Bardak, 2017).



*Şekil 6. Görüntü analizi için oluşturulan test seti (Bardak ve Bardak, 2017).*

3- Öztürk e arkadaşlarının 2022 yılında yaptıkları çalışmada yapay sinir ağları (YSA) ile yonga levha üretiminde kullanılan formaldehit bazlı yapıştırıcılar yerine atık optimum genleşmiş polistiren (EPS) ile üretilen yonga levhaların en iyi yalıtım özellikleri için EPS yoğunluklarını tahmin etmektir. Bu amaçla 5 farklı yoğunluktaki parçacıkla kullanılmıştır. Daha sonra bu parçacıklarla üretilen yongalevhaların ısı iletkenlikleri deneysel olarak belirlenip yapay sinir ağları ile modellenmiştir. Daha sonra, bu tahmin modelini kullanarak, termal iletkenlik katsayısı değerleri deneysel olarak test edilmemiş ara EPS yoğunlukları için tahmin edilmiştir. Analiz bulgularına göre, yoğunluğu 30 kg/m<sup>3</sup> olan atık EPS köpüklerin kullanılmasıyla hem kayın hem de ladin polistiren kompozit yongalevha (PCP) panellerin ısı yalıtım performansı artmıştır. En düşük ısı iletkenlik en düşük ısı iletkenlik değerleri, doğal kurutmada kavak, kızılâğaç ve çam ile üretilen PCP panellerde sırasıyla 18, 13 ve 22 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğu ile EPS atık köpüklerinden elde edilmiştir. Ayrıca teknik kurutma doğal kurutmaya göre çok daha iyi termal performans göstermiştir. Ağaç türleri arasında ise en iyi performansı kavak vermiştir (Öztürk vd., 2022).

4- Bardak ve Sözen tarafından 2018 yılında yapılan çalışmada yongalevha ve liflevhaların su alama davranışları dijital görüntü korelasyon (DIC) yöntemi ile belirlenmiştir. Bu amaçla yongalevha (kaplamalı ve kaplamasız) ve orta yoğunluklu (kaplamasız) lif levha (MDF) malzeme-

leri kullanılmıştır. Kullanılan yöntem ile kompozit malzemelerin su alma davranışları görselleştirilerek belirlenmiştir. Aynı zamanda görüntü analizi yöntemi yer değiştirme ve stres alanlarının detayları belirlenmiştir. Sonuç olarak kullanılan ahşap kompozit malzemelerin su alma oranlarında farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir (Bardak ve Sözen, 2018).

5- 2014 yılında Tiryaki ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada odunun yüzey pürüzlülüğünü yapay sinir ağları modeli ile tahmin etmişlerdir. Bu amaçla çalışmada, ağaç türü, ilerleme hızı, kesici sayısı, kesme derinliği, ağaç bölgesi ve aşındırıcı tane boyutunun yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelenmiş ve elde edilen veriler modellenmiştir. Daha sonra elde edilen deneysel veriler yapay sinir ağları ile modellenmiştir. Yapılan çalışma ahşabın pürüzlülük değerlerini tahmin etmede başarılı olduğu tespit edilmiştir. Ahşabın yüzey pürüzlülük değerlerinin modellenmesi ile çok zaman gerektiren daha deneysel çalışmaya ihtiyaç duymadan ve yüksek deney maliyetlerine gerek kalmadan yüzey pürüzlülük değerleri tahmin edilebilir. Böylece zaman, malzeme ve maliyetlerin önüne geçilebilir (Tiryaki vd., 2014).

6- 2014 yılında yapılan çalışmada yapıştırıcı oranı, pres basıncı ve süresi, ahşap yoğunluğu ve nem içeriği gibi bazı üretim faktörlerinin yönlendirilmiş yongalevhanın (OSB) nem emme, kalınlığına şişme ve termal iletkenlik gibi bazı fiziksel özellikleri tahmin etmek için bir yapay sinir ağı (YSA) modeli geliştirilmiştir. Yapılan çalışma farklı üretim koşulları (yapıştırıcı oranı, pres basıncı, presleme zamanı, yoğunluk ve nem içeriği) altında yönlendirilmiş yongalevhanın çalışmada bakılan fiziksel özellikleri tahmin etmede başarılı olduğu görülmüştür (Özşahin, 2013).

7- 2022 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı türde kerestelerin yanma oranı yapay sinir ağlarına dayalı olarak tahmin edilmiştir. Çalışma sonucunda yüksek doğruluk oranında tahminler başarılı bulunmuştur (Olimat vd., 2022).

8- 2021 yılında yapılan bir çalışmada, görüntü analizine dayalı olarak ahşaptaki farklı kusurlar tahmin edilmiştir. Çalışma ile kusurların tahmininde veri bilimi algoritmaları kullanılabileceğini göstermiştir. Ahşap kalitesi ile kusurlar arasında yakın bir ilişki vardır (Riana vd., 2021). Bu nedenle veri bilimine dayalı çalışmalar orman endüstrisinde verimlilik artışında önemli katkılar sağlayabilir.

## PAZARLAMA VE ÜRETİM ALANINDA UYGULAMALAR

1- Sözen ve arkadaşlarının 2017 yılında yaptıkları bir çalışmada mobilya seçiminde etkili olan faktörleri (dayanaklılık, işlevsellik, estetik, maliyet) belirlemek için birliktelik analizinde olan Apriori algoritmasını kullanmışlardır. Bu çalışmada % 70 ve üzerinde güven düzeyine sahip 20

birliktelik kuralı belirlemişlerdir (Sözen vd., 2017). Şekil 6’da görüntü analizi için oluşturulan test seti verilmiştir.

2- Ersen ve arkadaşlarının 2017 yılında yaptıkları çalışma Box-Jenkins yöntemi ile zaman serisi modellemesi üzerinedir. Bu çalışmada ve kağıt ve kağıt ürünlerinin ithalat ve ihracat verilerinin en uygun şekilde modellemesi yapılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmadaki veriler Türkiye İstatistik Kurumundan temin edilmiştir. En iyi Box-Jenkins modelleri seçilirken hataların karesi toplamı ve Ortalama Karesi Hatası kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca modellerin tahmin başarısını test etmek için Ortalama Hata Karesi, Ortalama Mutlak Hata ve Ortalama Mutlak yüzde hata kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda ihracat ve ithalat verileri için en uygun modellerin ARIMA (2,1,0) (0,0,1)12 ve ARIMA(3,1,2)(1,0) olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada Türkiye’nin kağıt ve kağıt ürünlerinde ihracatın ithalatı karşılama oranının 2020 yılında yaklaşık 0,86 olacağı öngörülmüştür (Ersen vd., 2019).

3- Bardak ve arkadaşları 2020 yılında mobilya ürününde en çok karşılaşılan sorunları tahmin edebilmek için birliktelik analizlerinden biri olan FP-Growth analizini kullanmışlardır. Bu çalışma için demografik özellikleri (cinsiyet, medeni durum, yaş, eğitim durumu) ve en çok sorun yaşanan mobilya türü sorularını içeren bir soru formu kullanmışlardır. Daha sonra elde edilen bu verileri birliktelik analizi ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada en az % 70 ve üzeri güvenilirliğe sahip 71 birliktelik kuralı belirlenmiştir (Bardak ve Bardak, 2020).

4- Bardak’ın 2021 yılında yaptığı çalışmada odun kompozit malzemeler olarak bilinen yongalevha, liflevha kontrplak hakkında tüketicilerin şikayetlerini çeşitli internet sayfaları ve twitterdan verileri toplayarak veri madenciliği yöntemlerinden biri olan web madenciliği ile değerlendirmiştir. Bunun için rapidminer yazılımını kullanmıştır. Yongalevha için 163 internet sayfası, liflevha için 53 internet sayfası ve kontrplak için ise 6 internet sayfasının linkleri alınıp excel dosyasına işlenmiş ve kullanılan programda değerlendirilmiştir. Ayrıca twitterdan da bu odun kompozit malzemeler için çeşitli tweetler web madenciliği sayesinde analiz edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda en fazla şikayetin yongalevhada olduğu bunu sırasıyla liflevha ve kontrplak takip ettiği belirlenmiştir. Yongalevga, liflevha ve kontrplaktan üretilen ürünlerde en fazla şikayetler sırasıyla mobilya, yatak ve bazadadır. Bu üç ürün hakkında hizmet ile ilgili yapılan şikayetler en fazla sırasıyla teslimat, sipariş ve mağaza olarak bulunmuştur. Ürün özellikleri bakımından incelendiğinde ise en fazla şikayetler sunta ve kontrplak için kırık, MDF için ise hata olarak tespit edilmiştir. Twitter verilerine baktığımızda ise bu üç kompozit malzemeden üretilen ürünlerde ortak şikâyetin mobilya olduğu bulunmuştur. Ürün özellikleri bakımından incelendiğinde sunta ve MDF için ortak şikâyetin çürüme ve

hizmetle ilgili sunta ve MDF için ortak şikâyetin fiyat olduğu yapılan web madenciliği çalışmasında bulunmuştur (Bardak, 2021). Yongalevha şikâyetlerini içeren örnek kelime bulutu Şekil 7’de verilmiştir.



*Şekil 7. Örnek kelime bulutu (Bardak, 2021).*

5- Günümüzde, iletişim teknolojisi hızla ilerlemektedir. (Özkan ve Sürücü 2018). Karayılmazlar ve arkadaşlarının 2019 yılında yaptıkları bir çalışmada mobilya seçimindeki eğilimleri belirlemek için sosyal medyada bulunan metin verileri analizi etmişlerdir. Çalışma sonucunda, mobilya ürününde pozitif duygular ile siparişle yapılmış, fırsat ve ahşap kelimelerinin ilişkisi olduğu bulunmuştur. (Karayılmazlar vd., 2019). Sosyal medya üzerine araştırmalar

6- 2020 yılında yapılan bir araştırmada, Çin'deki mobilya işletmelerinin ürün kalitesini ve verimliliğini artırmak amacıyla yapay zeka teknolojilerinden faydalanılmıştır. Yapay zeka kullanılarak, mobilya üretiminde bilgi iletimi ve kontrolü için bir model oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda, mobilya üretiminde yapay zeka uygulaması için teknik çözümler sunulabileceği gösterilmiştir (Long vd., 2020).

7- 2018 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada, veri bilimden faydalanarak insanların mobilya satın alırken geleneksel ya da sanal mağazalardan birini seçerken hangi faktörlerin etkili olduğu araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, sanal mağazaları tercih eden bireyler için en önemli faktörün mobilya ürünlerindeki indirim ve düşük fiyat olduğu belirlenmiştir (Bardak vd., 2018).

8- 2021 yılında yapılan bir çalışmada, mobilya ürünün özelleştirilmesi probleminin optimizasyon algoritmaları ile çözülmesi önerilmektedir. Çalışma sonucunda, firmaların verimliliklerini artırmak için optimizasyon yöntemlerinden faydalanabileceği gösterilmiştir. (Ding vd., 2021).



## SONUÇ VE ÖNERİLER

Birçok bilimsel alanda olduğu gibi orman endüstri alanında da disiplinler arası yeni çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada orman endüstrisi alanında yapay zeka, veri madenciliği ve görüntü analizi ile ilgili araştırmaların bazıları verilmeye çalışılmıştır. Bu araştırmalar ahşabın fiziksel, mekanik özellikleri ve pazarlama gibi çeşitlidir. Çalışmada verilen bazı araştırmalar deneysel olarak elde edilen verilerin tahmin edilmesi, üretim faktörlerinin optimizasyonu, eğilimlerin belirlenmesidir.

Orman endüstri alanında yapay zeka, veri madenciliği ve görüntü analizi çeşitli uygulama araştırmaları olmasına rağmen bu yeni alanlarda daha fazla çalışmaya ve literatüre katkıya ihtiyaç vardır. Bu alanlardaki yeni çalışmalar orman endüstri alanındaki sorunların çözülmesinde ve verimliliğin artırılmasına katkı sağlayacaktır. Yapay zeka, veri madenciliği ve görüntü analizi alanları, verilerin sürekli artması ve bilgisayarın yeteneklerinin hız gelişmesi nedeniyle karmaşık problemlerin çözümde büyük bir potansiyele sahiptir.



## KAYNAKLAR

- Bardak, S. (2018). Predicting the impacts of various factors on failure load of screw joints for particleboard using artificial neural networks. *BioResources*, 13(2), 3868-3879.
- Bardak, S. Odun Kompozit Malzemelerle İlgili Şikayetlerin Veri Madenciliği Yöntemleriyle Değerlendirilmesi. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 95-114.
- Bardak, S., Bardak, T. (2020). Mobilya ürününde en çok karşılaşılan sorunların veri madenciliği ile araştırılması. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences International Indexed and Refereed*, 7(13), 285-292.
- Bardak, S., Bardak, T., Peker, H., Sözen, E., & Çabuk, Y. (2021). Predicting Effects of Selected Impregnation Processes on the Observed Bending Strength of Wood, with Use of Data Mining Models. *Bioresources*, 16(3).
- Bardak, S., Tiryaki, S., Bardak, T., & Aydın, A. (2016b). Predictive performance of artificial neural network and multiple linear regression models in predicting adhesive bonding strength of wood. *Strength of Materials*, 48(6), 811-824.
- Bardak, S., Tiryaki, S., Nemli, G., & Aydın, A. (2016a). Investigation and neural network prediction of wood bonding quality based on pressing conditions. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 68, 115-123.
- Bardak, T. (2019). Effects of Different Advanced Engineering Materials on Deformation Behaviour of Wood Structural Materials. *BioResources*, 14(1).
- Bardak, T., & Bardak, S. (2017). Prediction of wood density by using red-green-blue (RGB) color and fuzzy logic techniques. *Politeknik Dergisi*, 20(4), 979-984.
- Bardak, T., & Sözen, E. (2018). Yonga levha ve lif levhaların su alma davranışlarının dijital görüntü korelasyon (dgk) yöntemi ile karakterize edilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 525-534.
- Bardak, T., Avcı, O., Kayahan, K., & Bardak, S. (2018). Data mining based analysis of traditional store and virtual store preference in the purchase of furniture. In *Proceedings of 6th International Conference on Science Culture and Sport* 25–27.
- Bardak, T., Bardak, S., & Sözen, E. (2017). Determination of strain distributions of solid wood and plywood in bending test by digital image correlation. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 17(2), 354-361.
- Demirkir, C., Özşahin, Ş., Aydın, I., & Colakoglu, G. (2013). Optimization of some panel manufacturing parameters for the best bonding strength of plywood. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 46, 14-20.

- Ding, J., Wang, M., Zeng, X., Qu, W., & Vassiliadis, V. S. (2021). Mass personalization strategy under Industrial Internet of Things: A case study on furniture production. *Advanced Engineering Informatics*, 50, 101439.
- Ersen, N., Akyüz, İ., & Bayram, B. Ç. (2019). The forecasting of the exports and imports of paper and paper products of Turkey using Box-Jenkins method. *Eurasian Journal of Forest Science*, 7(1), 54-65.
- Fathi, H., Nasir, V., & Kazemirad, S. (2020). Prediction of the mechanical properties of wood using guided wave propagation and machine learning. *Construction and Building Materials*, 262, 120848.
- Karayılmazlar, S., Bardak, T., Avcı, Ö., Kayahan, K., Karayılmazlar, A. S., Çabuk, Y., Kurt, R., İmren, E. (2019). Veri madenciliği algoritmalarına dayalı olarak sosyal medya üzerinden mobilya seçimindeki yönelimlerin belirlenmesi: Twitter örneği. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20(4), 447-457.
- Long, G. J., Lin, B. H., Cai, H. X., & Ning, G. Z. (2020). Developing an Artificial Intelligence (AI) Management System to Improve Product Quality and Production Efficiency in Furniture Manufacture. *Procedia Computer Science*, 166, 486-490.
- Nasir, V., Fathi, H., Fallah, A., Kazemirad, S., Sassani, F., & Antov, P. (2021). Prediction of mechanical properties of artificially weathered wood by color change and machine learning. *Materials*, 14(21), 6314.
- Olimat, A. N., Al-Shawabkeh, A. F., Al-Qadi, Z. A., & Al-Najdawi, N. A. (2022). Forecasting the influence of the guided flame on the combustibility of timber species using artificial intelligence. *Case Studies in Thermal Engineering*, 38, 102379.
- Ozsahin, S. (2013). Optimization of process parameters in oriented strand board manufacturing with artificial neural network analysis. *European Journal of Wood and Wood Products*, 71(6), 769-777.
- Ozturk, H., Demir, A., & Demirkir, C. (2022). Prediction of Optimum Expanded Polystyrene Densities for Best Thermal Insulation Performances of Polystyrene Composite Particleboards by Using Artificial Neural Network. *Drvna industrija*, 73(4), 385-395.
- Özkan, A., & Sürücü, Ç. (2018). Üniversite Öğrencilerinin Sosyal Medya Etkileşimleri: Bartın Üniversitesi Örneği. *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi*, (40), 500-514.
- Riana, D., Rahayu, S., Hasan, M., & Anton. (2021). Comparison of segmentation and identification of swietenia mahagoni wood defects with augmentation images. *Heliyon*, 7(6), e07417.
- Sözen, E., Bardak, T., Aydemir, D., & Bardak, S. (2018). Yapay sinir ağları ve derin öğrenme algoritmaları kullanarak nanokompozitlerde deformasyonun tahmin edilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2), 223-231.

- Sözen, E., Bardak, T., Peker, H., & Bardak, S. (2017). Apriori Algoritması Kullanılarak Mobilya Seçimde Etkili Olan Faktörlerin Analizi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 679-684.
- Tiryaki, S., Bardak, S., & Aydın, A. (2016a). Modeling of wood bonding strength based on soaking temperature and soaking time by means of artificial neural networks. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 4(Special Issue-1), 153-157.
- Tiryaki, S., Bardak, S., & Bardak, T. (2015). Experimental investigation and prediction of bonding strength of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) bonded with polyvinyl acetate adhesive. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 29(23), 2521-2536.
- Tiryaki, S., Bardak, S., Aydın, A., & Nemli, G. (2016b). Analysis of volumetric swelling and shrinkage of heat treated woods: Experimental and artificial neural network modeling approach. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 18(3), 477-492.
- Tiryaki, S., Hamzacebi, C. 2014. Predicting modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) of heat treated woods by artificial neural networks. *Measurement* 49:266-274.
- Tiryaki, S., Malkoçoğlu, A., & Özşahin, Ş. (2014). Using artificial neural networks for modeling surface roughness of wood in machining process. *Construction and Building Materials*, 66, 329-335.
- Tiryaki, S., Tan, H., Bardak, S., Kankal, M., Nacar, S., & Peker, H. (2019). Performance evaluation of multiple adaptive regression splines, teaching-learning based optimization and conventional regression techniques in predicting mechanical properties of impregnated wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 77(4), 645-659.
- Yapici, F., Ozcifci, A., Akbulut, T., & Bayir, R. (2009). Determination of modulus of rupture and modulus of elasticity on flakeboard with fuzzy logic classifier. *Materials & Design*, 30(6), 2269-2273.



“

## **Bölüm 9**

### **GIDA MÜHENDİSLİĞİNDE NANOTEKNOLOJİ UYGULAMALARI**

*Fadime ATİK<sup>1</sup>*

*Selda BULCA<sup>2</sup>*

”

---

<sup>1</sup> Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, fadimeatik.20@gmail.com ,ORCID NO: 0000-0002-3334-8172

<sup>2</sup> Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, sbulca@adu.edu.tr , ORCID NO: 0000-0001-7405-2872

## 1.Giriş

İnsanlık tarihinin başlangıcından beri gıda, hayatın devamlılığı için en önemli öğelerinden birisi olmuştur (Gökırmaklı ve Bayram, 2018). Bu yüzden de gıdanın yüksek kalitede, doğal, taze ve raf ömrünün uzun olması önem kazanmıştır (Saka ve Terzi Gülel, 2015). Fermantasyon ve kurutma gibi birçok çeşitli gıda muhafaza yöntemleri günümüzde de geliştirilerek kullanılmaya devam etmektedir (Hamad vd., 2018). Ancak gıda muhafaza yöntemlerindeki ilk teknolojik yenilik 1784’te William Cullen tarafından yapay soğutucu sistemlerini geliştirmesi ile başlamıştır. Gıdaların daha uzun saklanması sağlayan konserve tekniği ise 1800’lü yılların başında keşfedilmiştir (Abbas vd., 2009). 1862’de Louis Pasteur gıdalara daha uzun raf ömrü sağlayan pastörizasyon tekniğini bularak önemli bir adım atsa da daha kalıcı, sürdürülebilir ve daha güvenli çözüm önerileri sağlayacak tekniklere olan arayış hala devam etmektedir (Hamad vd., 2018).

Bu yeni teknolojilerden biri de Nanoteknoloji uygulamasıdır. Nanoteknoloji sayesinde gıdalarda bulunan maddeler üzerinde moleküler düzeyde değişiklikler yapılabilecek ve çeşitli özelliklerde nano yapılar kullanılarak istenilen özellikteki ürün elde edilebilecektir (Alaca vd., 2021). Gıda endüstrisi için nanoteknoloji yeni bir uygulama alanı olmasına rağmen gıda sistemlerini de çeşitli yönlerden etkileyebilecek bir potansiyel etkisi bulunmaktadır (Chau vd., 2007).

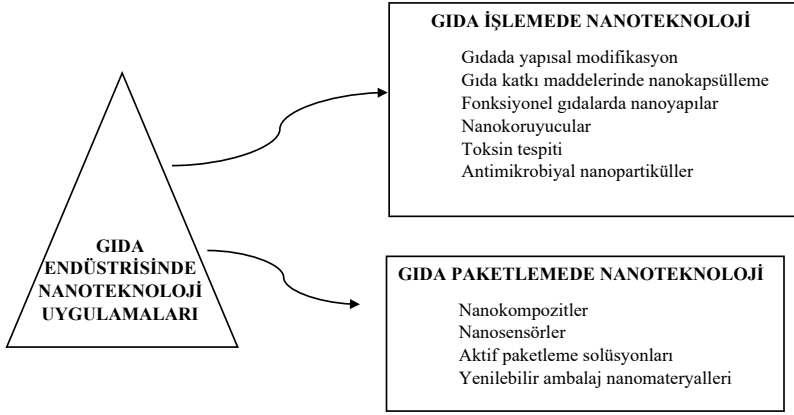
Nanoteknoloji, esas olarak “nanometre” teriminden gelmektedir (Saka ve Terzi Gülel, 2015). Nanoteknoloji terimini ise ilk kez Norio Taniguchi tarafından 1974 yılında kullanılmıştır (Hulla vd., 2015). Nanoteknoloji kelimesinde nanos “cüce”, tekhne “el işi” ve logia “çalışma” anlamına gelmektedir (Sahani ve Sharma, 2021). 0.1 ila 100 nanometre boyutları arasında değişen malzemelerin üretilmesi ve kullanılmasını içeren, nanoboyuttaki malzemeleri yönetme teknolojisi nanoteknoloji olarak adlandırılmaktadır (Duncan, 2011). Nanoteknolojinin gıda endüstrisinde kullanımı ile “Nanogıda” terimi de ortaya çıkmıştır. Nanogıda; gıdaların üretimi, işlenmesi ve ambalajlanması sırasında nanoteknoloji tekniklerinin kullanılması olarak tanımlanmaktadır (Saka ve Terzi Gülel, 2015).

Nanoteknolojinin gıda endüstrisinde kullanımı ile gıdada patojen tespiti, gıda paketlenme ve biyoaktif bileşiklerin hedef bölgeye iletiminde önemli potansiyele sahiptir (Rashidi ve Khosravi-Darani, 2011). Nanosensörlerin ve nanopaketlenme malzemelerinin gıda endüstrisinde kullanılması ile mikrobiyal kontaminasyonun, zararlı kimyasalların ve pestisitlerin hızlı ve güvenli bir şekilde tespit edilmesini sağlamaktadır. Nanoenkapsülasyon sistemleri ise gıdalarda biyoyararlanımı arttırmak için biyoaktif bileşiklerin hedef bölgeye iletimini sağlar (Chaudhry vd., 2008). Nano-

kompozitler, gıdanın mikrobiyal yüküne bakılmaksızın bir süre taze kalmasına yardımcı olur (Pandey ve diğerleri, 2013).

## 2. Nanoteknolojinin Gıda Sektöründe Uygulanması

Gıda endüstrisinde nanoteknoloji uygulamaları temelde iki başlık altında toplanır. Bunlar gıda işleme ve gıda paketlenme sistemlerinde nanoteknolojinin uygulanmasıdır. Şekil 1’de de gıda endüstrisinde nanoteknoloji uygulamaları gösterilmektedir (Sahoo vd., 2021). Makalenin devamında da bu iki temel başlıklar ve alt başlıkları açıklanarak devam edecektir.



**Şekil 1.** Gıda endüstrisinde nanoteknoloji uygulamaları (Sahoo vd., 2021).

### 2.1. Gıda İşlemede Nanoteknoloji

Nanoteknoloji, gıda işlemede geniş kullanım alanlarına sahip olduğu bilinen teknolojilerden birisidir. (Nile vd., 2020). Gıda işleme, hammadde tedariginden başlayarak, hammaddelerin sınıflandırılması, birincil işleme, ambalajlama, sevk ve depolamadan oluşan çeşitli işlemlerin kombinasyonudur. (Sahoo vd., 2021). Gıdaların işlenmesinin temel amaçları; lezzeti arttırmak, toksinleri uzaklaştırmak, enzimlerin, bozulmaya neden olan organizmaların ve patojenlerin inaktivasyonunu sağlamak, uygulanabilirse mikro besinlere daha fazla takviye ve zenginleştirme yapmaktır. Çok çeşitli gıda hammaddeleri ve bunlardan elde edilen nihai ürünlerle ilgili birçok işlem yapılmaktadır. Ancak nanoteknoloji tabanlı uygulamalar gıdada iyileştirme olanağı sağlamaktadır (McClements ve Xiao, 2017).

Nanoteknoloji, hasat sonrası gıda işlemede muazzam bir potansiyele sahiptir. Gıdanın biyoyararlanımını, tadını, dokusunu arttırmakta veya hoş olmayan tat veya kokuyu gizleyebilmektedir. Aynı zamanda partikül boyutunu, yüzey dağılımını ve mikrobiyal yükünü değiştirebilmektedir. (Powers vd., 2006). Gıda işlemede nanoteknoloji olarak nanofiltreler de kullanılmaktadır. Örneğin, nanofiltreler sayesinde pancar suyunun aroma-

sı korunarak rengi uzaklaştırılabilmektedir. Veya laktozu süttten uzaklaştırarak laktoza toleranslı hastalar için uygun hale getirilebilmektedir. Ayrıca, nano ölçekli filtreler, sütte ve suda ısıt işlem uygulanmadan bakteriyel yükün azaltılmasında da kullanılmıştır (Nile vd., 2020).

Gıda işlemede nanoteknoloji; gıdanın yapısal modifikasyonuna etkisi, gıda katkı maddelerinde kullanımı, fonksiyonel gıdalarda kullanımı, toksin tespiti ve antimikrobiyal özellik sağlayan nanopartiküller olarak alt başlıklarda incelenmektedir.

### **2.1.1. Gıdaların Yapısal Modifikasyonu**

Tatlar, gıdada önemli faktörlerden biri olarak kabul edilir ve gıda tüketimini önemli ölçüde etkilemektedir (Yu vd., 2018). Bununla birlikte özellikle üretim ve depolama süreçleri sırasında aromayı kontrol etmek ve stabil hale getirmek zordur (Madene vd., 2006). İşleme ve depolama sırasında aroma kaybını önlemek için aromanın gıdayı işlemeden önce kapsüllenmesi, kimyasal stabilitenin iyileştirilmesi ve kontrollü salınımının olması fayda sağlamaktadır (Yu vd., 2018).

Yağ açısından zengin gıdalar tüketicilerde tipik bir ağız hissi bırakır. Ayrıca yağlı gıdalar tüketiciler açısından sağlıklı bir seçenek olarak görülmemektedir. Son yıllarda gerek gıdalarda yağ oranını kontrol edebilmek gerekse yeni tat ve reolojik özelliklerle gıdaların kremi dokusunu taklit etmek için nanoyapılı lipidlerin geliştirildiği bildirilmiştir (Onay, 2022). Bu nanoyapılar sayesinde, daha az yağ içeren ve daha sağlıklı seçenek sunan aynı zamanda lezzet bakımından hiçbir farklılığı olmayan yağ benzeri yapılar üretilmiştir. Bu uygulamalar mayonez, donmuş tatlılar, dondurmalar ve sütlü ürünlerde uygulanabilmektedir (Singh, 2016). Kısacası gıda endüstrisinde, gıdaların lezzetini, rengini ve dokusunu iyileştirmede nano ölçekli bileşenler geliştirmek için nanoteknolojiyi kullanılmaktadır (Morris vd., 2011). Kısa kodu E171 olarak bilinen Titanyum Dioksit ( $\text{TiO}_2$ ); şeker, un, tuz gibi gıdalarda beyazlatıcı, nem tutucu ve koruyucu olarak, nanoparçacık olarak ilaçlarda, duvar boyalarında, ambalajlı hazır yiyeceklerde renklendirici olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Proquin vd., 2018). Ayrıca nanopartiküller  $\text{TiO}_2$  ve  $\text{SiO}_2$  ve amorf silika gıda katkı maddesi olarak kullanılabilmektedir (Uboldi vd., 2012).

### **2.1.2. Nanokapsüllenmiş Gıda Katkı Maddeleri**

Nano boyutlu ve nano yapıları malzemelerin geliştirilmesi ve uygulanması gıda nanoteknolojisinin önemli bir alanını oluşturmaktadır. Lezzet bileşenlerinin salınımını ve kalıcılığını sağlamak için nanokapsülleme teknolojisi önemli bir teknik olarak görülmektedir (Kiss vd., 2020). Malzemelerin nano boyuttaki taşıyıcılarda nano ölçekte paketlenmesine nanoenkapsülasyon denir (Onay, 2022). Nanokapsüllerin kullanıldığı gıda



işleme yöntemlerinin birçok avantajı bulunmaktadır. Kullanımı kolaydır, oksidasyona karşı korur, stabiliteyi artırır, uçucu bileşenleri gıdada tutar ve gıdaların biyoyararlanımını artırır (Chaudhry vd., 2008). Ayrıca nanokapsüllenmiş gıdalar da geliştirilmekte olup, tüketicilerin gıdayı kendi beslenme ihtiyaçlarına veya zevklerine göre değiştirmesine olanak tanımaktadır. Öngörülen bir örnekte bir tüketici tarafından belirli bir mikrodalga frekansında etkinleştirilebilen nanokapsüllü bileşenler veya katkı maddeleri içeren renksiz ve tatsız bir içecek geliştirilmesi düşünülmektedir. Bu, seçilen nanokapsüllerin aktivasyonuna yol açarken diğerleri gizli kalarak yalnızca tercih edilen tat, renk veya besin maddelerini serbest bırakacağı düşünülmektedir (Chaudhry vd., 2008). Şu anda mevcut gıda katkı maddelerinin birkaç örneği arasında, 100 nm aralığında bir parçacık boyutuna sahip olan domates karotenoidi olan Likopen'in (BASF'nin ABD Patenti US5968251) sentetik formu bulunmaktadır. Likopenin uygulandığı gıdalar arasında alkolsüz içecekler, pişirme karışımları ve hamur işleri yer almaktadır (Limpens vd, 2006). Ticari olarak temin edilebilen nanokapsüllenmiş gıda katkı maddelerinden bazıları likopen, sitrik asit, askorbik asit, benzoik asit, omega-3 ve omega-6 yağ asitleri, yağda çözünen A ve E vitaminleri, izoflavonlar, lutein ve  $\beta$ -karotendir (Onay, 2022). Silikon dioksit ( $\text{SiO}_2$ ) ve titanyum dioksit ( $\text{TiO}_2$ ) (sırasıyla E551 ve E171) gıda katkı maddeleri olarak izin verildiği bildirilmiştir (EFSA, 2012).

### 2.1.3. Fonksiyonel Gıdalarda Nanoteknoloji

Nutrasötikler veya fonksiyonel gıdalar, besin ihtiyacını karşılamanın ötesinde metabolizma üzerinde ilave faydaları olan bu sayede de hastalıklardan korunmayı ve daha sağlıklı bir yaşama ulaşmayı sağlayan gıda veya gıda bileşenleridir. Bu gıdalar hiçbir işleme tabi tutulmamış doğal besin ögeleri olabildiği gibi fonksiyonel bir besin ögesi ile zenginleştirilmiş veya genetiği değiştirilmiş bir besin ögesinde olabilmektedir (Gülbandar vd., 2017). Nanoteknoloji, gıda endüstrisinde fonksiyonel gıdaların üretilmesi ve akıllı gıda sistemlerinin oluşturulmasında büyük bir potansiyele sahiptir. Bu anlamda sağlığa etki yapacak biyoaktif bileşenlerin ve nutrasötiklerin, etkinliğinin geliştirilmesi, dayanıklılığının ve biyoyararlılığının artırılması, çözünürlüğünün iyileştirilmesi, kontrollü salınımlarının sağlanması gibi özelliklerin kazandırılması, fonksiyonel gıdalarda nanoteknoloji kullanımı sayesinde olacaktır (Dağ, 2014). Nutrasötiklerin hastalıklar üzerindeki baskılayıcı etkinliği, aktif ingrediyeantin biyoyararlılığının korunmasına bağlıdır. Besin ögelerinin mide öz suyunda kalma süresinin kısa olması, bağırsakta düşük geçirgenlik veya çözünürlükte olması, gıda işleme sırasında (ışık, sıcaklık ve pH) veya mide-bağırsak sisteminde (pH ve diğer besin ögeleri) stabiliteyi bozan gibi birçok etken nutrasötik molekülünün aktivitesini ve olası sağlık yararını azaltmaktadır.

Aktif ingrediyeantin organizmadaki fizyolojik hedefe ulaşana kadar aktif kalması için sistemde korunan bir yapı içerisinde olması gereklidir (Chen vd., 2006). Tüketiciler gün geçtikçe beslenme ve sağlık arasındaki ilişki hakkında daha bilinçli hale gelmektedir. Bunun sonucu olarak da dengeli beslenme ve işlevsel gıdalara olan ilgi her geçen gün artmaktadır. (Sagalowicz ve Leser, 2009). Nanoteknoloji sayesinde daha az yağ, şeker ve tuz içeren sağlıklı gıdalar üretilebilmektedir. Örneğin, biyonanokapsüllü quercetin (biyobozunur poli-D, L-laktid) ile domatesin raf ömrü artırılmıştır (Yadav, 2017). Nanoyeşil çay, Neosino kapsülleri (diyet takviyeleri), Aquanova [(vitaminlerin (A, C, D, E ve K), beta-karoten ve omega yağ asitlerinin çözünürlüğünü artıran misel)], Nutralease (nano taşıyıcıları güçlendiren misel) ve Kanola aktif yağı gibi piyasada yaygın olarak ticarileştirilmiş nanoteknoloji tabanlı ürünler bulunmaktadır. Benzer şekilde, güçlendirilmiş meyve suları, yulaf besleyici içecekler, nanoçaylar, ekmeklerde ton balığı yağı içeren nanokapsüller ve nanosötikler ince shake'ler, ABD, Avustralya, Çin ve Japonya'da yaygın olarak satılan, piyasada bulunan ve piyasada bulunan birkaç nano-işlenmiş gıdadır (Nile vd., 2020). Tablo 1'de bazı ticari nanogıda ürünleri listelenmiştir (Nile vd., 2020).

**Tablo 1.** Ticari nanogıda ürünleri ve uygulamaları (Nile vd., 2020)

| Ürün adı                   | Ürün tipi          | Üretici firma/ülke                      | Uygulamalar                                                             | Referans                       |
|----------------------------|--------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Nanoçay                    | İçecek             | Shenzhen Become Industry Trading        |                                                                         |                                |
| Co. Guangdong, China       | Selenyum takviyesi | (Center for Food Safety, 2017)          |                                                                         |                                |
| Nutra Leaseanola Aktif Yağ | Gıda               | Shemen, Haifa, Israel                   | Kolesterolün sindirim sisteminden kan dolaşımına taşınmasını engelledi. | (He vd., 2019)                 |
| Takviyeli Meyve suyu       | Fonksiyonel içecek | High Vive.com, USA                      | Likopen arttırıcı                                                       | (Center for Food Safety, 2017) |
| Tip top ekmek              | Gıda               | George Weston Foods, Enfield, Australia | Omega-3 yağ asitlerinin nanokapsüllerini içermektedir.                  | (Center for Food Safety, 2017) |

| Ürün adı                           | Ürün tipi                      | Üretici firma/<br>ülke                 | Uygulamalar                                                                               | Referans                                  |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Kimchi<br>(yöresel Kore<br>yemeği) | Gıda                           | Kore                                   | Canlı<br>probiyotikler<br>yerine<br>kullanılabilen<br>nanomalzeme                         | (Lee vd.,<br>2015)                        |
| Nano B-12<br>vitamin spreyi        | Gıda takviyesi                 | Nanotech, LLC<br>(USA)                 | Verimlilik artışı                                                                         | (Pathakoti vd.,<br>2017)                  |
| Aquasol<br>koruyucu                | Gıda katkı<br>maddesi          | Aquanova                               | Gıda katkı<br>maddelerinin ve<br>koruyucuların<br>emilimini ve<br>etkinliğini<br>arttırma | (Rashidi ve<br>Khosravi-<br>Darani, 2011) |
| Omega-3                            | Gıda katkı<br>maddesi          | Bioral™                                | Omega-3 yağ<br>asitlerinin etkili<br>bir şekilde<br>eklenmesi                             | (Pawar, 2016)                             |
| Nano gümüş<br>kesme tahtası        | Gıda ile temas<br>eden malzeme | A-Do Global                            | Güçlü<br>antibakteriyel<br>özellik                                                        | (Chatterjee,<br>2016)                     |
| Yulaf<br>Besleyici<br>İçecek       | İçecek                         | Toddler Health,<br>Los Angeles,<br>USA | Tüm makro ve<br>mikro besinlerin<br>tam olarak<br>%33'ünü içerir.                         | (Gramza-<br>Michalowska<br>vd.,2018)      |

#### 2.1.4. Toksinlerin Tespiti

Tarımsal hammaddelerde bozulma ve patojenik mikroorganizmalarla kontamine olması gıda kaynaklı hastalıkların riskini oldukça artırmaktadır. Bu nedenle mikroorganizmaların tespiti ve sterilizasyonu gıdaların muhafazasında önemli bir konudur. Toksinler de gıdalarda en sık karşılaşılan sorunlardan biridir. Mevcut toksin tespit yöntemleri yerine nanoteknoloji tabanlı yöntemler kullanılarak sürecin minimum maliyetle hızlandırılması, taşınabilirlik ve kullanıcı dostu minimum tespit limiti sağlamıştır. Nanoparçacık bazlı kolorometrik deneyler ve moleküler taklit, toksin tespiti için araştırılmış ve olumlu sonuçlar verdiği saptanmıştır (Tark vd., 2010).

Mikrobiyoloji, biyokimya ve nanobilimin kombinasyonu analitik potansiyel parametrelerin hızlı, uzaktan algılanması ve kaydedilmesinde yeni bir boyut açmıştır. Bunun için özellikle nanosensör tabanlı teknolojinin salmonellez ve botulizm toksin tespitinde kullanımı etkili olmuştur. Çiğ gıdalarda, işlenmiş gıdalarda veya hayvan yemlerinde çoğalmadan önce kontaminasyonun tespiti, bu kombinasyon teknolojisinin elde ettiği en büyük sıçramadır. Nanoyapılı izleme cihazları, gıdadaki alerjenlerin,

patojenlerin, bozulmaya neden olan organizmaların, pestisit kalıntıları-  
nın, veteriner ilacı kalıntıları ve mevcut besin maddelerinin algılan-  
masıyla ilgili verileri sağlayan birkaç cihazı bir araya getirebilmektedir.  
Nanoteknoloji özellikli etiketleme cihazları, ürün geçmişinin daha derin  
analizinde kullanışlı olabilir. Tam teşekküllü ticari uygulamalardaki bu  
tür uygulamalar, bilgi ihlali riskini ortadan kaldırabilir ve tüketicilere tar-  
ladan sofraya ürünün tüm bilimsel verilerini sağlayabilir. Tüm gıdaların  
taşıma zincirinde büyük risk olduğu için kriz durumlarıyla başa çıkmada  
yardımcı olabileceği de düşünülmektedir (Sahoo vd., 2021).

Nanosensörler, gıda rengindeki herhangi bir küçük değişikliğin yanı  
sıra bozulma nedeniyle üretilen gazların tespitinde yardımcı olmaktadır.  
Ayrıca nanosensörler, bu değişikliklere karşı yüksek hassasiyet ve seçici-  
liğe sahiptir, bu durumda onları geleneksel sensör yöntemlerinden daha  
verimli kılmaktadır (Mannino ve Scampicchio, 2007). Gaz sensörleri ge-  
nellikle altın, platin ve paladyumdan yapılmıştır. Sütte bulunan Aflatoksin  
B1 toksini, altın bazlı nanopartiküller tarafından tespit edilebilmektedir  
(Mao ve ark., 2006). Bazı durumlarda, ambalaj DNA'dan ve tek duvarlı  
karbon nanotüplerden yapılır. Bu, sensörlerin hassasiyetini büyük ölçüde  
artırır. Sebze ve meyvelerin yüzeyindeki pestisitlerin tespit edilebildiği  
nanosensörler tarım alanında da kullanılabilir. Bazı nanosensörler, gıda  
maddelerindeki kanserojenleri belirlemek için de kullanılmaktadır (Me-  
etoo, 2011).

### 2.1.5. Antimikrobiyal Nanopartiküller

Mikrobiyal büyümeyi kontrol etmek için piyasada çeşitli nano ürün-  
ler mevcuttur. Örneğin, *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella typhimurium*,  
*Vibrio parahaemolyticus* ve *Listeria monocytogenes* gibi önemli gıda  
patojenleri NanoCid ® L2000 (Nano Nasb Pars Company, Tahran, İran)  
olarak bilinen nanogümüş ürün ile etkili bir şekilde inhibe edilmiştir (Za-  
rei vd., 2014). Nanoteknoloji Tüketici Ürün Envanteri, nanomalzeme ile  
ilgili birçok antimikrobiyal dezenfektanı listelemiştir. Listede bulunan an-  
timikrobiyal ürünlerin çoğu, ana antimikrobiyal ajan olarak nanogümüş  
içermektedir (Vance vd., 2015). Siqueira (2014)'ün yaptığı bir çalışmada  
sadece gümüş nanopartikül (AgNP) içeren ve karboksimetilselüloz filme  
gömülü gümüş nano partiküller içeren nano ürünlerin antibakteriyel akti-  
vitesini karşılaştırmış ve sonuçta karboksimetilselüloz filme gömülü Ag-  
NP'lerin tek başına AgNP'lerden daha güçlü bakteri öldürücü etkinliğinin  
olduğu saptanmıştır. Bu durumda AgNP'lerin antibakteriyel aktivitesinin  
gıda ambalajlarında kullanılabileceğini kanıtlamıştır. Nano mühendislik  
ürünü yüzeyler (antimikrobiyal kaplamalar), biyofilm oluşumunu önle-  
mek ve gıdanın kalitesini ve güvenliğini artırmak için etkili maddelerden  
birdir. Gıda endüstrisinde yüzey temizliği için nano ölçekli gümüş, TiO<sub>2</sub>  
ve ZnO veya nano ölçekli topografya kullanılır. Kümes hayvanları yetiştii-

riciliğinde, gıda işlemede ve gıda nakliyesinde var olan biyokontaminasyon sorunları, UV-C ultraviyole ışıkla aktive olan  $TiO_2$  tarafından etkili bir şekilde kontrol edilmiştir (Khan vd., 2015). Bir başka örnekte gümüş ve diğer metaller gibi mikrobisidal malzemelerin nanofiber keçelere dahil edilmesi, önemli bir antimikrobiyal potansiyeli ortaya çıkarmıştır (Khan vd., 2015). Atık su arıtımında suyun saflaştırılması için nanoetkinleştirilmiş membranlar, nanofotokatalizörler ve nanoadsorbentler kullanılmaktadır (Rodrigues vd., 2017).

## 2.2. Gıda Ambalajlamada Nanoteknoloji

Ambalaj, gıda endüstrisinde ürünün bozulmadan tüketiciye ulaşmasını sağlayan, ekonomik ve güvenilir olan, ürünün dayanıklılığını arttıran ve tanıtan malzemelerdir. Artan dünya nüfusuyla birlikte ambalaj sektörü de gelişmektedir (Kılınç vd., 2017).

Gıda ambalajı güvenilir, düşük maliyetli, nakliye ve depolamada stabil ve fiziksel darbelere karşı dayanıklı olmalıdır. Ambalaj malzemelerinin içeriği ve türü, gıda kalitesi üzerinde etkilidir. Diğer özelliklerin yanı sıra hafif, ısı direnci ve mukavemeti olan ambalaj malzemeleri, nanomalzemeler kullanılarak elde edilebilir (Fadiji vd., 2022).

Gıda ambalajı için kullanılan nanomalzemeler, gelişmiş mekanik bariyerleri, mikrobiyal kontaminasyonun tespiti ve besinlerin biyoyararlanımını arttırmak gibi birçok fayda sağlar (Hayes ve Sahu, 2017). Gıda ambalajlamada nanoteknoloji uygulanmasının, endüstride nanoteknolojinin en yaygın uygulama alanlarından biri olduğu düşünülmektedir (Bradley vd., 2011). Gıda endüstrisinde gıda ambalajı ve gıda ile temas eden malzemeler için bir dizi nanokompozit ve nanopartikül içeren polimerler, kullanılmaktadır (Llorens vd., 2012). Ayrıca gıda ambalajı için  $ZnO$  ve  $MgO$  nanoparçacıklarının kullanıldığı rapor edilmiştir (Gerloff vd., 2009). Amorf silika da gıda ve gıda kaplarında ve ambalajlarda kullanılmaktadır. Aerosoller olarak oluşturulan mühendislik su nanoyapıları, çelik gıda üretim yüzeylerinde *Escherichia coli*, *Listeria* ve *Salmonella* gibi gıda kaynaklı patojenlerin elimine edilmesinde çok etkilidir (Onay, 2022).

### 2.2.1. Nanokompozitler

Nanoparçacıkların polimerlerle kombinasyonu nanokompozitleri oluşturmaktadır. Nanokompozitler, kombinasyondaki polimerleri güçlendirerek özelliklerini arttırmaktadır (Pandey vd., 2013). Polimer matrisler, faz boyutlarından en az birinin 100 nm'den küçük olduğu nanokompozitler oluşturmak için nano dolgu maddelerine (nanooksitler, nanokiller, selüloz mikrofibriller ve karbon nanotüpler) takviye edilir (Bastarrachea vd., 2011). Gıda ambalajı için selüloz, kitosan ve karagenan gibi doğal nanokompozitler veya naylon, polistiren, poliamidler ve poliolefinler gibi

sentetik nanokompozitler kullanılmaktadır (Bastarrachea vd., 2011; Rhim vd., 2013). Nanokompozitlerin kimyasal işlevselliğinin çok yönlülüğü, onları yüksek bariyer özelliklerinin geliştirilmesi için de uygun hale getirmektedir. Nanokompozitler, gıdanın mikrobiyal yüküne bakılmaksızın bir süre taze kalmasına yardımcı olur. Gaz bariyeri görevi görerek de gazlı içecek şişelerinden karbondioksit sızıntısını en aza indirmektedir (Pandey ve diğerleri, 2013). Böylece nanokompozitler gıdanın raf ömrünü uzatmaktadır. Üreticilerin de maliyetten tasarruf etmek için teneke kutular ve cam şişeler yerine nanokompozitleri kullanabileceği düşünülmektedir. Bir tür nanokompozit olan enzim immobilizasyonu, daha hızlı transfer oranları ve geniş yüzey alanı nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Burdo, 2005). Emamifar vd. (2010)'da yaptığı bir çalışmada gümüş (Ag) ve çinko oksit (ZnO) içeren nanokompozit ambalajın taze portakal suyunun raf ömrü üzerine etkisini araştırmıştır. Ag ve ZnO nanoparçacıklarını içeren nanokompozitten düşük yoğunluklu polimer (LDPE) filmler eritilerek hazırlanmış ve bu filmler içine taze portakal suyu doldurularak 4 °C'de depolanmıştır. Örnekler 7, 28 ve 56 günlük depolamanın ardından duyuusal özellikleri, askorbik asit içeriği, mikrobiyal yükü, esmerleşme indeksi ve renk değeri değerlendirilmiştir. Nanomalzemeler içinde daha az nano-ZnO içeren ambalajda depolanan taze meyve suyunun mikrobiyal yükü 6 log kob/ml altında iken daha fazla nano-ZnO içeriğine sahip ambalajlarda askorbik asitte en az parçalanma, kahverengi pigmentlerde iyileşme ve renk kaybında azalma olduğu gözlenmiştir (Emamifar vd., 2010).

### 2.2.2. Nanosensörler

Kaliteyi koruyan ambalajların yanı sıra, ürünlerin izlenmesi de gıda sektöründe nanoteknolojinin odak noktası olmaktadır. Nanoteknoloji sistemi çevresel koşullara tepki verebilir ve gıda kontamasyonu halinde tüketiciye haber verebilmektedir. Bu durum ise ambalajın içine gömülü "Nanosensörler" yardımıyla gerçekleşmektedir (Kiss, 2020).

Nanosensör, depolama odalarındaki nem veya sıcaklık, mikrobiyal kontaminasyon veya ürünlerin bozulması gibi çevresel koşullardaki değişikliklere yanıt veren bir gösterge olarak çalışmaktadır. İnce filmler, nanoçubuklar, nanoparçacıklar ve nanolifler gibi çeşitli nanoyapılar, biyosensör uygulamaları açısından incelenmiştir (Singh vd, 2017). Mikrobiyal maddelerin veya hücrelerin tespiti için ince film tabanlı optik immün sensörler, hızlı ve oldukça hassas tespit etmektedirler. Bu immünosensörlerde, spesifik antikolar, antijenler veya protein molekülleri, hedef moleküllerin saptanması üzerine sinyaller yayan ince nano-filmler veya sensör çipleri üzerinde immobilize edilir (Subramanian, 2006). Örneğin, gıda kaynaklı patojenler *Escherichia coli* O157:H7 ve *Staphylococcus aureus*'un hızlı tespiti için bir alümina nanogözenekli membran üzerinde

immobilize edilmiş spesifik antikorla entegre edilmiş bir dimetilsiloksan mikroakışkan immünosensör geliştirilmiştir (Tan vd., 2011). Karbon nanotüplere dayalı biyosensörler ise hızlı tespiti, basitliği ve uygun maliyetli olması nedeniyle büyük ilgi görmüş ve ayrıca gıda ve içeceklerde mikroorganizmaların, toksinlerin tespiti için başarıyla kullanılmıştır (Nachay, 2007). Nanosensör dizisinden oluşan elektronik dil veya burun, gıda maddelerinin saldıgı aroma veya gazlar hakkında sinyaller vererek gıdanın durumunu izlenebilmektedir (Garcia vd., 2006). Kuvars kristal mikro terazi (QCM) tabanlı elektrikli burun, QCM'nin kristal yüzeyi üzerine kaplanmış çeşitli koku vericiler ve kimyasallar arasındaki etkileşimi algılayabilmektedir. Birçok çalışmada, aminler, enzimler, lipitler ve çeşitli polimerler gibi farklı fonksiyonel gruplar veya biyolojik moleküller ile modifiye edilmiş kuvars kristal yüzeyleri kullanılmaktadır (Kanazawa ve Cho, 2009).

### 2.2.3. Aktif paketlenme solüsyonları

Aktif paketlenme sistemleri, nem tutucu maddeler, CO<sub>2</sub> tutucular ve yayıcılar, oksijen tutucular ve antimikrobiyalardan oluşmaktadır. Aktif paketlenme sistemleri, depolamanın amacına bağli olarak geliştirilmektedir (Dias vd., 2013). Örneğin, kısa süreli soğuk depolama için üst ambalaj paketlenme sistemleri kullanılırken, uzun süreli soğuk depolama için modifiye atmosfer paketlenme (MAP) sistemleri, vakumlu paketlenme kullanılır. Ambalajlama için ticari olarak kullanılan polimerik filmler düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ve polipropilen (PP) inerttir ve hidrofobiktir (Kerry vd., 2006). Genel olarak, MAP teknolojisinde O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> gibi inert olmayan gazlar kullanılır ve bunların profilleri, ürün türü, solunum, paketlenme için kullanılan malzemeler, paketin boyutu, depolama gibi faktörlerden etkilenecek şekilde zamanla değişir (Morris vd., 2017). Bayer firması (Leverkusen, Almanya) tarafından üretilen şeffaf plastik film üzerinde kil nanoparçacıklarının düzgün dağılımı sayesinde oksijeni önlediği bildirilmiştir. Ayrıca ABD, Avrupa ve Asya'da gıda ambalajlarında nanomalzemelerin uygulamalarına ilişkin birçok patent başvurusu yapılmıştır ve bunların çoğunda nanokillerin ve nanogümüşün kullanıldığını bildirmektedir (Hagen ve Drew, 2016). Alil izotiyosiyanat ve karbon nanotüplerin aktif paketlenme sistemlerine dahil edilmesi ile mikrobiyal kontaminasyonu ve renk değişimlerini azalttığı, oksidasyonu düzenlediği ve parçalanmış, pişmiş tavuk etinin 40 gün boyunca saklanmasına yardımcı olduğu saptanmıştır (Dias vd., 2013). Aktif paketlenme malzemeleri sayesinde depolanan gıda ürünleri değişen dışsal parametrelere yanıt verirler. Gıdada istenilen aktif molekülleri serbest bırakarak veya istenmeyen bileşenleri inhibe ederek çalışırlar. Bu küçük müdahaleler gıda ürünlerinin raf ömrü üzerinde büyük etkiye sahiptir. Yaygın olarak kullanılan aktif ambalaj malzemeleri; oksijen ve etilen tutucular, nem emiciler ve antimikrobiyal



nanoparçacıkları içerir (Sahoo vd., 2021). Örneğin nanomateriyal olarak Çinko oksit (ZnO), birleştirilen polimer olarak jelatin kullanılan nanokompozit film sayesinde tuna balığında lipit peroksidaz inhibisyonu gerçekleştirilmiştir (Kim vd., 2020).

#### **2.2.4. Yenilebilir ambalaj nanomateriyalleri**

Gıdanın raf ömrünü arttıran, gıdanın kalitesi ve güvenliğini en iyi şekilde koruyan ve çevre dostu ambalaj malzemesi arayışı yenilebilir ambalaj nanomateriyallerinin gelişmesine öncülük etmiştir. Yenilebilir ambalaj nanomateriyalleri, hayvansal ve bitkisel kaynaklı polisakkaritler, proteinler ve lipidlerden oluşmaktadır. Bunlar nanopartiküllerin biyopolimer matrislerin içerisine dolgu malzemesi olarak ilave edilmesiyle elde edilen nano-hibrit biyokompozitlerdir. Biyopolimerlerin içerisine genellikle, katmanlı silikat nano-partiküller, kütlece % 1–5 oranlarında, dolgu malzemesi olarak eklenmektedir. Böylece nano-biyokompozit materyaller biyobozunur olma özelliği korurken ambalaj malzemesi olarak kullanımını sınırlandıran zayıf yönlerini de iyileştirmektedir. (Karagöz ve Demirdöven, 2017). Gaz ve nem bariyeri sağlayarak et, meyve, sebze, peynir, fast food, unlu mamuller ve şekerleme gibi gıda ürünlerinde kullanılabilir. Ayrıca üretilen ürünlere lezzet ve renk sağlayabilir veya antioksidan görevi görerek raf ömrünün uzamasına yardımcı olmaktadır. Yenilebilir antibakteriyel nano kaplamalarla kaplanmış çeşitli unlu mamuller de mevcuttur (Nile vd., 2020). Gelişmiş alım ve biyoyararlanım için ağır metal nanopartiküller, yenilebilir kaplama malzemelerinin bir parçası olarak test edilmektedir (Nile vd., 2020). Değişen solunum mekanizması nedeniyle nanogümüş kaplı sebze ve meyveler, taşıma ve depolama işlemleri sırasında aktif kalırlar (Vargas vd., 2008; Jafarzadeh vd., 2021).

### **3. Gıda Nanoteknolojisinde Güvenlik Sorunları ve Yönetmelik**

Çeşitli avantajlara rağmen, gıda teknolojisinde nanoteknolojinin hızla yaygınlaşması aynı zamanda güvenlik, çevre ve etik sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Nanomalzemeler önemli ölçüde fizikokimyasal ve biyolojik özellikler sergileyebilmekte ve bu bilinmeyen özellikler öngörülemeyen tehlikeler yaratabilmektedir (He ve Hwang, 2016).

Nanomalzemelerinin küçük boyutları nedeniyle hücrelere nüfus edebilmeleri ve sistemde kalabilmeleri güvenlik sorunlarının başında gelmektedir (Fadiji vd., 2022). Nanomalzemelerin boyutlarının DNA'ya benzerliği nedeniyle biyolojik örneklerle reaksiyona girme potansiyeline sahiptir (Baruah ve Dutta, 2009).

Çevresel koşullar, nanokompozitlerin bozulmasına yol açarak polimer kaynaklı nanoparçacıkların salınmasına yol açabilir (Moustafa vd., 2019). Örneğin, düşük yoğunluklu polietilen gıda paketlenme malzemesi,



nemli koşullar altında ozon veya UV ışığı gibi çevresel faktörlere maruz kaldıktan sonra mukavemetini kaybetmiştir. UV radyasyonu veya ozon altında oksitlenen düşük yoğunluklu polietilen numuneleri, önemli termal, fiziksel ve yapısal değişikliklere uğradığı bilinmektedir (Han vd., 2018).

TiO<sub>2</sub>, Ag nanoparçacıkları ve karbon nanotüpler üzerinde yapılan araştırmalar, bunların çözünmez doğaları nedeniyle kan dolaşımına girebileceklerini ve organlarda birikebileceklerini ortaya çıkarmıştır (Sharma vd., 2017). TiO<sub>2</sub> bir gıda katkı maddesi olarak tüketildiğinde, iltihaplanmaya neden olan oksidatif stresi ve kromozomal instabiliteye neden olan genotoksositeye neden olabilmektedir (Fadiji vd., 2022).

Solunum, cilt teması ve yutma, nanoparçacıkların vücuda girdiği farklı yollardır. Gıda ambalajlarında çok sayıda nanoparçacık kullanılması, sızıntıları çevrenin ve gıda malzemelerinin kontaminasyonuna yol açabileceğinden endişe kaynağı olabilir (Han vd., 2018). Bununla birlikte, nanoparçacıkların ambalaj malzemelerinden gıdaya geçişine ve bunların uzun vadeli toksikolojik etkilerine ilişkin bir veri eksikliği vardır (Pathakoti vd., 2017).

Nanokompozitleri içeren çalışmalarda yeşil nano doldurucuların seçimi hayvan, insan ve çevre güvenliği için kritik öneme sahiptir. Ayrıca polimer karışımlarında konsantrasyon, partikül boyutu, moleküler ağırlık, yayılma ve belirli bileşiklerin stabilitesi, pH değeri, sıcaklık, viskozite ve polimerik yapı, temas süresi, gıda bileşimi ve mekanik basınç dikkate alınması gereken kritik faktörlerdir (Fadiji vd., 2022). Bu nedenle, çalışmaların çevreye salınan nanoparçacıkların kesin sayısını, bitkilerde birikmelerini ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik hız kazanması önemlidir (Rajput vd., 2020).

Genel olarak, nanoparçacıkların gıda endüstrisinde güvenli bir şekilde uygulanması için kapsamlı kılavuzlar, kurallar ve düzenleyici sistemler gereklidir. Örneğin, ABD'de Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) gıda ambalajlarını ve nanogıdaları denetlerken, Avrupa'da Avrupa Birliği nanoteknoloji bazlı gıda katkı maddelerini düzenlemektedir (Nile vd., 2020). Bununla birlikte, nanomalzemeler üreten çoğu ülke, yeterli ve spesifik nanoteknoloji düzenlemelerinden yoksundur (Neme vd., 2021). Yasal bir nanoteknolojik uygulama için, kapsamlı hükümet mevzuatı ve kılavuzlarının yanı sıra etki ve toksikolojik tarama için kapsamlı bir prosedür gereklidir (Nile vd., 2020).

#### 4. Sonuç

Nanoteknoloji, dünya çapında gıda, tarım, ilaç ve çeşitli endüstriler dahil olmak üzere birçok alanda uygulamaları olan hızla gelişen bir tek-

nolojidir. Gelişmiş işleme, paketlenme ve uzun süreli depolama ile kaliteli gıda üretimi ile gıda sektöründe önemli bir rol oynamakta, lezzet ve dokusunu iyileştirerek gıda kalitesine olumlu katkı sağlayarak gıda endüstrisinde büyük bir büyüme sağlamıştır. Nanomalzemeler ve nanosensörler, tüketicilere patojen tespitine alternatif bir yöntem olarak gelişmiş güvenlik özelliği sağlamaktadır. Ancak, nanoparçacıklar tüm dünyada üretilmekle birlikte, çok az ülke gıda ürünlerinde nanoteknolojinin kullanımını için standart düzenleyici kurallara sahiptir. Nanosistemler üzerinde yetersiz bilimsel araştırma, bunların etkinliği ile ilgili herhangi bir sonuca varmada zorluklar yaratmaktadır. Nanoteknolojilerin kullanımı, doğru bir şekilde yönetilir ve düzenlenirse, insan sağlığı ve refahı için fayda sağlayacak gıda işleme ve ürün kalitesinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynayabilecektir.

## KAYNAKÇA

- Abbas, K. A., Saleh, A. M., Mohamed, A., MohdAzhan, N. (2009). The recent advances in the nanotechnology and its applications in food processing: a review. *J Food Agric Environ*, 7(3-4), 14-17.
- Alaca, K., Bayrak, N., Akyol, N., Baştürk, A. (2021). Gıda Sektöründe Kullanılan Nanoteknoloji Uygulamaları, Nanogıdaların Güvenliği ve Nanoemülsiyon Tekniği. *Uluslararası Gıda Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 1(1), 19-30.
- Bastarrachea, L., Dhawan, S., Sablani, S. S. (2011). Engineering properties of polymeric-based antimicrobial films for food packaging: a review. *Food Engineering Reviews*, 3(2), 79-93.
- Baruah, S., Dutta, J. (2009). Nanotechnology applications in pollution sensing and degradation in agriculture: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 7(3), 191-204.
- Bradley, E. L., Castle L., Chaudhry Q. (2011). Applications of Nanomaterial in Food Packaging with a Consideration of Opportunities for Developing Countries. *Trends Food Sci Technol*. 22:604-610.
- Burdo, O. G. (2005). Nanoscale effects in food-production technologies. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 78(1), 90-96.
- Center for Food Safety (2017). Nanotechnonology in food- Product inventory. [http://salsa3.salsalabs.com/o/1881/p/salsa/web/common/public/content%3fcontent\\_item\\_KEY%3d14112%20#showJoin](http://salsa3.salsalabs.com/o/1881/p/salsa/web/common/public/content%3fcontent_item_KEY%3d14112%20#showJoin) [ Erişim Tarihi: 12/12/2022].
- Chau, C. F., Wu, S. H., Yen, G. C., (2007). The development of regulations for food nanotechnology. *Trends in Food Science & Technology*, 18 (5), 269-280.
- Chatterjee, B. (2016). Synthetic Lycopene: the future but unaware fact. *International Journal of Clinical and Biomedical Research*, 2, 14-18.
- Chaudhry, Q., Scotter, M., Blackburn, J., Ross, B., Boxall, A., Castle, L., Aitken, R., Watkins, R. (2008). Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. *Food additives and contaminants*, 25(3), 241-258.
- Chen, L., Remondetto, G. E., & Subirade, M. (2006). Food protein-based materials as nutraceutical delivery systems. *Trends in Food Science & Technology*, 17(5), 272-283.
- Dağ, A. (2014). Nanoteknolojinin gıdalara uygulanması ve sağlık üzerine etkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 42(2), 168-174.
- Dias, M. V., Nilda de Fátima, F. S., Borges, S. V., de Sousa, M. M., Nunes, C. A., de Oliveira, I. R. N., Medeiros, E. A. A. (2013). Use of allyl isothiocyanate and carbon nanotubes in an antimicrobial film to package shredded, cooked chicken meat. *Food Chemistry*, 141(3), 3160-3166.

- Duncan, T. V., (2011). Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: barrier materials, antimicrobials and sensors. *Journal of Colloid and Interface Science*, 363 (1): 1-24.
- EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FE-EDAP). (2012). Guidance on the assessment of bacterial susceptibility to antimicrobials of human and veterinary importance. *EFSA Journal*, 10(6), 2740.
- Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., Soleimanian-Zad, S. (2010). Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(4), 742-748.
- Fadiji, A. E., Mthiyane, D. M. N., Onwudiwe, D. C., Babalola, O. O. (2022). Harnessing the known and unknown impact of nanotechnology on enhancing food security and reducing postharvest losses: Constraints and future prospects. *Agronomy*, 12(7), 1657.
- Garcia, M., Aleixandre, M., Gutiérrez, J., Horrillo, M. C. (2006). Electronic nose for wine discrimination. *Sensors Actuat*, 113, 911–916. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2005.03.078>
- Gerloff, K., Albrecht, C., Boots, A. W., Förster, I., Schins, R. P. (2009). Cytotoxicity and oxidative DNA damage by nanoparticles in human intestinal Caco-2 cells. *Nanotoxicology*, 3(4), 355-364.
- Gökırmaklı, Ç., Bayram, M. (2018). Gıda için gelecek öngörüler: Yıl 2050. *Akademik Gıda*, 16 (3): 351-360.
- Gülbandılar, A., Okur, M., Dönmez, M. (2017). Fonksiyonel gıdal olarak kullanılan probiyotikler ve özellikleri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10(1), 44-47.
- Gramza-Michalowska, A., Kmiecik, D., Kobus-Cisowska, J., Zywnica, A., Dzieczic, K., Brzozowska, A. (2018). Phytonutrients in oat (*Avena sativa* L.) drink: Effect of plant extract on antiradical capacity, nutritional value and sensory characteristics. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 68(1).
- Hagen, M., Drew, R. (2016). Nanotechnologies in food packaging: an exploratory appraisal of safety and regulation. *Food Standards Australia New Zealand*, 75, 1.
- Hamad, A. F., Han, J. H., Kim, B. C., Rather, I. A. (2018). The intertwine of nanotechnology with the food industry. *Saudi journal of biological sciences*, 25(1), 27-30.
- Han, C., Zhao, A., Varughese, E., Sahle-Demessie, E. (2018). Evaluating weathering of food packaging polyethylene-nano-clay composites: Release of nanoparticles and their impacts. *NanoImpact*, 9, 61-71.

- Hayes A. W., Sahu, S. C. (2017). Nanotechnology in the food industry: a short review. *Food Safety Magazine*. 23(1):18-19.
- He, X., Hwang, H. M. (2016). Nanotechnology in food science: Functionality, applicability, and safety assessment. *Journal of food and drug analysis*, 24(4), 671-681.
- He, X., Deng, H., Hwang, H. M. (2019). The current application of nanotechnology in food and agriculture. *Journal of food and drug analysis*, 27(1), 1-21.
- Hulla, J. E., Sahu, S. C., Hayes, A. W. (2015). Nanotechnology: History and future. *Human & experimental toxicology*, 34(12), 1318-1321.
- Jafarzadeh, S., Nafchi, A. M., Salehabadi, A., Oladzad-Abbasabadi, N., Jafari, S. M. (2021). Application of bio-nanocomposite films and edible coatings for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables. *Advances in Colloid and Interface Science*, 291, 102405.
- Kanazawa, K., Cho, N. J. (2009). Quartz crystal microbalance as a sensor to characterize macromolecular assembly dynamics. *Journal of Sensors*, 2009. <https://doi.org/10.1155/2009/824947>
- Karagöz, Ş., Demirdöven, A. (2017). Gıda Ambalajlamada güncel uygulamalar: modifiye atmosfer, aktif, akıllı ve nanoteknolojik ambalajlama uygulamaları. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(1), 9-21.
- Kılınç, M., Tomar, O., Çağlar, A. (2017). Biyobozunur gıda ambalaj malzemeleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(3), 988996.
- Kiss, É. (2020). Nanotechnology in food systems: A review. *Acta Alimentaria*, 49(4), 460-474.
- Kim, I., Viswanathan, K., Kasi, G., Thanakkasaranee, S., Sadeghi, K., Seo, J. (2020). ZnO nanostructures in active antibacterial food packaging: preparation methods, antimicrobial mechanisms, safety issues, future prospects, and challenges. *Food Reviews International*, 1-29.
- Khan, S.T., Al-Khedhairy, A.A., Musarrat, J.J. (2015). ZnO and TiO<sub>2</sub> nanoparticles as novel antimicrobial agents for oral hygiene: a review. *Nanopart. Res.* 17, 276–292.
- Kerry, J. P., O'grady, M. N., Hogan, S. A. (2006). Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat science*, 74(1), 113-130.
- Lee, H. A., Bong, Y. J., Kim, H., Jeong, J. K., Kim, H. Y., Lee, K. W., Park, K. Y. (2015). Effect of nanometric *Lactobacillus plantarum* in kimchi on dextran sulfate sodium-induced colitis in mice. *Journal of medicinal food*, 18(10), 1073-1080.
- Limpens, J., Schröder, F. H., de Ridder, C. M., Bolder, C. A., Wildhagen, M. F., Obermüller-Jevic, U. C., Krämer, K., van Weerden, W. M. (2006). Combi-

ned lycopene and vitamin E treatment suppresses the growth of PC-346C human prostate cancer cells in nude mice. *The Journal of nutrition*, 136(5), 1287-1293.

Llorens, A., Lloret, E., Picouet, P. A., Trbojevich, R., Fernandez, A. (2012). Metallic-Based Micro- and Nanocomposites in Food Contact Materials and Active Food Packaging. *Trends Food Sci Technology*. 24:19-20.

Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release—a review. *International journal of food science & technology*, 41(1), 1-21.

Mannino, S., Scampicchio, M. (2007). Nanotechnology and food quality control. *Veterinary research communications*, 31(1), 149-151.

Mao, X., Huang, J., Fai Leung, M., Du, Z., Ma, L., Huang, Z., Li, P., Gu, L. (2006). Novel core-shell nanoparticles and their application in high-capacity immobilization of enzymes. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 135(3), 229-239.

Meetoo, D. D. (2011). Nanotechnology and the food sector: from the farm to the table. *Emirates journal of food and agriculture*, 387-403.

McClements, D. J., Xiao, H. (2017). Is nano safe in foods? Establishing the factors impacting the gastrointestinal fate and toxicity of organic and inorganic food-grade nanoparticles. *NPJ Science of Food*, 1(1), 1-13.

Morris, M. A., Padmanabhan, S. C., Cruz-Romero, M. C., Cummins, E., & Kerry, J. P. (2017). Development of active, nanoparticle, antimicrobial technologies for muscle-based packaging applications. *Meat Science*, 132, 163-178.

Morris, V. J., Woodward, N. C., Gunning, A. P. (2011). Atomic force microscopy as a nanoscience tool in rational food design. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(12), 2117-2125.

Moustafa, H., Youssef, A. M., Darwish, N. A., Abou-Kandil, A. I. (2019). Eco-friendly polymer composites for green packaging: Future vision and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 172, 16-25.

Nachay, K. (2007). Analyzing nanotechnology. *Food technology (Chicago)*, 61(1), 34-36.

Neme, K., Nafady, A., Uddin, S., Tola, Y. B. (2021). Application of nanotechnology in agriculture, postharvest loss reduction and food processing: Food security implication and challenges. *Heliyon*, 7(12), e08539.

Nile S. H., Baskar V., Selvaraj D., Nile A., Xiao J., Kai G. Nanotechnologies in food science: applications, recent trends, and future perspectives. *Nano-Micro Letters*. 2020;12(1):1-34.

Onay, A. (2022). Gıda sektöründe nanoteknolojik malzemeler ve uygulamaları. *Çocuk Kronik Hastalıklarında Beslenme-5-Çocuk Endokrinolojisinde Beslenme Nutrisyon ve Kaynakları* (ss.841-870). Orient Yayınları.

- Pandey, S., Zaidib, M. G. H., Gururani, S. K. (2013). Recent developments in clay-polymer nano composites. *Scientific Journal of Review*, 2(11), 296-328.
- Pathakoti, K., Manubolu, M., Hwang, H. M. (2017). Nanostructures: Current uses and future applications in food science. *Journal of food and drug analysis*, 25(2), 245-253.
- Pawar, A. Y. (2016). Nanocochleate: a novel drug delivery system. *Asian Journal of Pharmaceutics (AJP)*, 10(03).
- Powers, K. W., Brown, S. C., Krishna, V. B., Wasdo, S. C., Moudgil, B. M., Roberts, S. M. (2006). Research strategies for safety evaluation of nanomaterials. Part VI. Characterization of nanoscale particles for toxicological evaluation. *Toxicological Sciences*, 90(2), 296-303.
- Proquin, H., Rodríguez-Ibarra, C., Moonen, C., Urrutia Ortega, I. M., Briedé, J. J., de Kok, T. M., Loveren, H., Irasema Chirino, Y. (2018). Titanium dioxide food additive (E171) induces ROS formation and genotoxicity: contribution of micro and nano-sized fractions. *Mutagenesis*, 33(3), 267-268.
- Rashidi, L., Khosravi-Darani, K. (2011). The applications of nanotechnology in food industry. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(8), 723-730.
- Rajput, V., Minkina, T., Mazarji, M., Shende, S., Sushkova, S., Mandzhieva, S., Burachevskayaa, M., Chaplygin, V., Singh, A., Jatav, H. (2020). Accumulation of nanoparticles in the soil-plant systems and their effects on human health. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 137-143.
- Rodrigues, S. M., Demokritou, P., Dokoozlian, N., Hendren, C. O., Karn, B., Mauter, M. S., Sadik, O.A., Safarpour, M., Unrine, J.M., Viers, J., Welle, P., White, J.C., Wiesner, M.R., Lowry, G. V. (2017). Nanotechnology for sustainable food production: promising opportunities and scientific challenges. *Environmental Science: Nano*, 4(4), 767-781.
- Rhim, J. W., Park, H. M., & Ha, C. S. (2013). Bio-nanocomposites for food packaging applications. *Progress in polymer science*, 38(10-11), 1629-1652.
- Saka, E., Terzi Gülel, T. (2015). Gıda endüstrisinde nanoteknoloji uygulamaları. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 26(2), 52-57.
- Sahani, S., Sharma, Y. C. (2021). Advancements in applications of nanotechnology in global food industry. *Food Chemistry*, 342, 128318.
- Sharma, C., Dhiman, R., Rokana, N., Panwar, H. (2017). Nanotechnology: an untapped resource for food packaging. *Frontiers in microbiology*, 8, 1735.
- Sahoo, M., Vishwakarma, S., Panigrahi, C., Kumar, J. (2021). Nanotechnology: Current applications and future scope in food. *Food Frontiers*, 2(1), 3-22.
- Singh, H. (2016). Nanotechnology applications in functional foods; opportunities and challenges. *Preventive nutrition and food science*, 21(1), 1.

- Sagalowicz, L., Leser, M. E. (2010). Delivery systems for liquid food products. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 15(1-2), 61-72.
- Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V. K., Rather, I. A. (2017). Application of nanotechnology in food science: perception and overview. *Frontiers in microbiology*, 8, 1501.
- Siqueira, M. C., Coelho, G. F., de Moura, M. R., Bresolin, J. D., Hubinger, S. Z., Marconcini, J. M., Mattoso, L. H. (2014). Evaluation of antimicrobial activity of silver nanoparticles for carboxymethylcellulose film applications in food packaging. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 14(7), 5512-5517.
- Subramanian, A., Irudayaraj, J., Ryan, T. (2006). A mixed self-assembled monolayer-based surface plasmon immunosensor for detection of *E. coli* O157: H7. *Biosensors and Bioelectronics*, 21(7), 998-1006. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2005.03.007>
- Tan, F., Leung, P. H., Liu, Z. B., Zhang, Y., Xiao, L., Ye, W., Zhang, X., Yi, L., Yang, M. (2011). A PDMS microfluidic impedance immunosensor for *E. coli* O157: H7 and *Staphylococcus aureus* detection via antibody-immobilized nanoporous membrane. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 159(1), 328-335. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2011.06.074>
- Tark, S. H., Das, A., Sligar, S., Dravid, V. P. (2010). Nanomechanical detection of cholera toxin using microcantilevers functionalized with ganglioside nanodiscs. *Nanotechnology*, 21(43), 435502.
- Uboldi, C., Giudetti, G., Broggi, F., Gilliland, D., Ponti, J., Rossi, F. (2012). Amorphous silica nanoparticles do not induce cytotoxicity, cell transformation or genotoxicity in Balb/3T3 mouse fibroblasts. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 745(1-2), 11-20.
- Vance, M. E., Kuiken, T., Vejerano, E. P., McGinnis, S. P., Hochella Jr, M. F., Rejeski, D., Hull, M. S. (2015). Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory. *Beilstein journal of nanotechnology*, 6(1), 1769-1780.
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D. J., Gonzalez-Martinez, C. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(6), 496-511.
- Yu, H., Park, J. Y., Kwon, C. W., Hong, S. C., Park, K. M., Chang, P. S. (2018). An overview of nanotechnology in food science: preparative methods, practical applications, and safety. *Journal of Chemistry*, 2018.
- Zarei, M., Jamnejad, A., Khajehali, E. (2014). Antibacterial effect of silver nanoparticles against four foodborne pathogens. *Jundishapur journal of microbiology*, 7(1).



“

## **Bölüm 10**

**İKONİK MİMARİNİN, ZEMİN KAT  
MİMARİSİ VE MİMARİNİN STRES  
GİDERMEDEKİ ROLÜ İLE BİRLİKTE  
ELE ALINMASI**

*Varol KOÇ<sup>1</sup>*

”

---

<sup>1</sup> Doç. Dr. Varol KOÇ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, ORCID ID : 0000-0003-4810-3845

## Giriş:

Kentsel peyzajlar, insanların yaşadığı stresi azaltmak için düzenlenebilir. Bu nedenle, stres giderici yapılar, mimari tasarımda önemli bir konuyu ve geleceğin trendini oluşturmaktadır. İnsanlar eğrisel binaları ilginç olarak algılamaktayken, bu mimari formun stresi azaltmadığı ortaya konmuştur. İnsanlar stresi azaltmak için doğrusal desenleri aradıklarını ve bu durumdan baskı hissettiklerini belirtmektedirler (Ho and Chiu 2021). Kaliteli bir yaşam sürdürmeye yönelik baskı, özellikle büyük şehirlerde yaşayan çok sayıda insan için yüksek strese neden olmaktadır. Bu yüzden mimari yapılar, binalar ve insanlar arasındaki iletişimi ve etkileşimi kolaylaştıracak şekilde tasarlanmalıdır. Bu tasarımda kuşkusuz zemin kat mimarisinin önemli bir yeri vardır. Günümüzde kent insanı, kapalı, kendine hapsolmuş binalara sahip iken güvenli ve ilginç tasarımlı şehirlere ait olmak istemektedir. Asıl zor olan insanların eskiden sahip oldukları küçük boy şehirlerle büyük binaların nasıl birleştirileceğidir. Şehirle binanın kesişiminde, zemin kat cephelerinin, özel ve davetkar bir tasarıma sahip olması gerekmektedir. İnsanlığın tarihsel gelişimi sürecinde mal alış ve veriş önemli bir unsurdur. Kasabalar önceleri, malların takası için bölgeye gelen gezgin ziyaretçilerle yerel halkın buluşma noktaları olarak, doğal yol güzergahları kenarında ortaya çıkan geçici yerleşimler şeklinde kurulmuştur. Daha sonradan binalar ve sokaklar ortaya çıkmış, ancak satıcı ile gezginler arasındaki ilişki hiç değişmemiştir. Modern kentlerde, şehir alanlarındaki pavyonlar ve büfeler (kiosklar) için yüksek standartlar belirlenir. Kiosk, dokunmak, yanında durmak kadar keyifli olmalıdır. Kentsel binaların zemin katından beklentilerimiz Kiosk'tan istediklerimizle benzer, lakin diğer katlardan beklentilerimizden farklıdır. Zemin katlar, bina ile dıştaki insanın yakın temasta olduğu yerlerdir (Gehl et al. 2006). Bununla birlikte son otuz yılda, bilim adamları ve politika yapımcılar, ünlü tasarımcıların mimari eserlerinin sadece kentsel alanları yenilemedeki rolüne değil, aynı zamanda şehirler arasındaki küresel ekonomik rekabette olumlu ve iletişimsel bir imaj tanımlamadaki rolüne daha fazla dikkat ettiler (Ponzini, 2011). Kasabaları doğuran takas kültürü, evrim geçirerek büyük şehirleri ikonik yapılar koleksiyonuna dönüştüren küresel bir ticari cazibe haline gelirken, kentin zemin katları ile iletişim hali devam etti. Tüm bu durumlar kaçınılmaz olarak ilerleyen zamanalarda, mimari ve kentsel tasarımda aslen nihai hedef olan insan mutluluğunu artırmaya yönelik bir denge anlayışı uzlaşmasına doğru yol alınmasını daha da belirgin bir şekilde getirecektir.

### İkonik Mimarinin Yeniden Keşfi:

Günümüzde, Dünya'da bulunan tüm ülkeler ve şehirleri, kendi cazibelerini ortaya çıkarmak için yapmış oldukları mimari çalışmalarla yatırımcıları, turistleri, kalifiye göçmenleri kendi içlerine çekmeye çalış-

maktadır. Adeta eski gezgin tacirler için cazibe merkezi olan kasabalar, modernite sonrası doyumsuz bir istekle büyük girdaplar haline dönüşmüştür. Otoriteler, şehirler arası rekabet için, daha fazla ikonik mimari (IAD: Iconic Architectural Design) geliştirmeye yönelmişlerdir. IAD'ye yönelmek, sadece ekonomik kalkınma açısından değil, halkın vizyonunu, kültürel ve sosyal anlayışlarını, bakış açılarını değiştirmek ve geliştirmek gibi etkili bir seçenek oluşturmıştır. Böylece IAD ile yapılan yapılar ve tasarımlar 'ikonik gücü' temsil eder olmuştur. İkonik mimari, yerel ekonomileri canlandırmaya yönelik kültürel olanakların geliştirilmesi için, kentsel çalışmalarda iyi bilinen bir konudur. Örnek olarak Gehry tarafından tasarlanan Museo Guggenheim'in 'Bilbao Etkisi' İspanya'da bulunan Bilbao kentini kendi tasarımıyla sıkıntılı kent olmaktan kurtarıp gelişen kültürel bir kente dönüştürmesindeki 'rolünü' belirtmekte kullanılan bir terim olmuştur. IAD'nin görevi pahalı lüks bina veya yapılar yapmak değil yaptığı yapıların anlamlı ve yerel bölgeye göre bağdaşır olmasını sağlamaktır. Ekonomik kaynakları harekete geçirmek, üretim sürecinde binaya veya yapıya yüklenen anlamlara bağlıdır. Dolayısıyla IAD, yorumlayıcı bir güce ihtiyaç duyar (Ponzini 2011, Patterson 2020). Büyük değişim yaşayan şehirler sadece metropol alanlar değil, aynı zamanda küresel maddi ve manevi mal akışının da merkezleridir (Amin, 2000 , Short ve Kim, 1999 , Sassen, 1994 ). Küresel ekonomideki hizmetlerin artan rolü, maddi olmayan üretim ve bilgiye dayalı ekonomi dönüşümü ve Batı toplumunda boş zaman için daha fazla zaman oluşması, kültür, eğlence ve turizm için artan harcamaların genel arka planı ve değişiklikleri dikkate alındığında açık ve kozmopolit bir küresel toplum olduğu söylenebilir ( Florida, 2002 , Florida, 2005 ; Scott, 2000 ).

Dikkatle hızlı ve muhteşem bir dönüşüm dönemi sırasında Baltimore kentsel işlerini gözlemleyerek Harvey (1989a, 1989b), şehir yönetimindeki girişimcilik eğilimleri ile post-modern mimarinin, konferans ve perakende merkezlerinin, kültür ve eğlence tesislerinin ve potansiyel olarak bağlamından arındırılmış tesislerde spor, sergi veya diğer gösterilere ev sahipliği yapan sitelerin varlığı arasında bir bağlantı olduğunu kaydetti. Kültürel çekicilerin kentsel gelişmeyi tetiklemek için kullanımı daha yenidir ve genellikle yıldız mimarların muhteşem eserleri ve gösterişli performansları ile birleştirilmiştir ( Gospodini, 2002 ; Jencks, 2005, Frampton and Saunders 2005, Sudjic, 2006 , Sklair, 2006 , Urry, 2007 ). Frank Gehry'nin Bilbao'daki yeni Guggenheim Müzesi'nin amiral gemisi projesi, şehri daha geniş bir markalaştırma ve canlandırma sürecinin varsayılan tetikleyicisi olarak yorumlandı. Sonraki yıllarda Foster, Isozaki, Pelli ve Calatrava gibi yıldızlar tarafından tasarlanan bir dizi kentsel dönüşüm ve altyapı projeleri ortaya çıktı ( Flyvbjerg, Bruzelius ve Rothengatter, 2003 ). Muhteşem mega projeler tasarlayan yıldız mimarların örnekleri sayı-

sızdır, ancak kentsel dönüşüm, turistik çekicilik ve ekonomik kalkınmada her zaman müşterilerin inandığı kadar başarılı olamayabilmektedir ( Rybczynski, 2002 ). Markalı Olimpiyatlar ve Avrupa Kültür Başkenti veya Dünya Fuarı gelişmelerinin beş kıtadaki şehirlerde mantar gibi arttığı ve çoğunda, daha az sınırlamadan etkilene eğilimi olduğu da fark edilebilir. Mali düzenlemeler ve özel katkılarla önemli ekonomik kaynaklar sağlanır; bu müdahaleleri planlamak ve tamamlamak görevi olan kurumlara geçici yetkiler verilir ve kalkınma projeleri ve master planlar, planlama gücü, prosedürler ve muafiyet fırsatları yaratabilir (Ashworth ve Voogd, 1990 ; Lash et al. 1993; Clark, 2001; Evans, 2003; Clark, 2004).

### **Londra Özelinde İkonik Mimarinin İncelenmesi:**

Londra'nın silueti, en çok bilineni Swiss-Re Kulesi olan yeni nesil ikonik binalarla önemli şekilde değişmiştir. Ampirik olarak City'nin ikonik mimarisine odaklanan ve Corporation için bir kurumsal kriz dönemini (1970-1990) ön plana çıkaran Maria Kaika(2010), ilk olarak, ikonik binaların ekonomik başarının göstergeleri olduğunu öne süren standart analizden hareket ediyor ve incelemek için kriz anlarında ikonik mimarinin rolü üzerine bir çerçeve çiziyor. Maria Kaika (2010), 1970' lerden sonra Londra ekonomisinin uluslararasılaşmış şirketlerin tecrit edilmiş karakterine nasıl meydan okuduğunu belirtiyor. Gerçekten de son otuz yılda, Londra'nın silüeti önemli değişiklikler geçirmiştir. Yaratıcı bir şekilde 'Gherkin', 'Peynir Rendes', 'Walkie-Talkie' lakaplı yeni ikonik yapılar, kamuoyunun ve medyanın ilgisini çekmiştir ve hızlı bir şekilde Londra'nın dönüştürülmüş kentliliğinin sembolik olarak yüklü işaretçileri haline gelmiştir.

Bununla beraber ikonik binalar ve tasarım mekanları, şehirlerin mükemmel kültürel nesneleri olarak son otuz yılda önemli bilimsel ilgi gördü ( MacKeith 2005 ). Jameson (1991), Los Angeles Bonaventure Otel tasviri üzerinden hareketle, benzer çalışmalar için bir dizi bireysel bina ve ikonik mimari analizi yaparak, yeni teorik bakış açıları önermiş; bunların geç kapitalizmin sembolik kültürel nesneleri olduğu üzerinde durmuştur. Öncü olarak Harvey (1979, 1989), Domosh (1988), Zukin (1993), Jacob (1994) ve Fainstein (1994), çalışmalarıyla kentsel ve kültürel çalışmalar arasında ortaya çıkan sohbete erken müdahaleleri oluşturdular. Böylece coğrafyanın bu tartışmaya eleştirel katılımının tonu belirlendi. Eleştirel analizler, ikonik binaların devreye alınmasında ve inşasında yer alan sosyal ve politik çatışma ve ekonomik dinamikleri ve sosyal, ekonomik ve politik gösterge olarak mimarlığın rolünü keşfetti.

Literatürde, kriz anlarında ikonik mimarinin çoğalmasının nedenleri ele alınarak çeşitli çerçeveler çizilmeye çalışılmıştır. İkonik binaların ekonomik başarının göstergeleri olduğu standart tartışmasından yola çı-

kılarak, onları kentsel gelişmeyi destekleyen seçkinlerin ve kurumların krizinin belirtileri olarak ortaya koyan çalışmalar mevcuttur. Örneğin Maria Kaika (2010), 100 yarı yapılandırılmış ve 15 derinlemesine görüşme yaptığı çalışmasıyla, Londra Şehri'nin ampirik merceğinden bu durumun keşfedilebileceğini ve Londra'nın çarpıcı biçimde değiştirilmiş silüetinin üretimini açıklama biçiminin yeniden gözden geçirilebileceğini öne sürer.

Londra'da 1990'larda başlatılan kurumsal ve stratejik değişiklikler, şehrin ticari izolasyonculuğunu sona erdirmeyi amaçladı. O zamana kadar binalar, 19. yüzyıl ve 20. yüzyıl başlarındakilere çok benzemekteydi ve ikinci dünya savaşından itibaren geçen zaman boyunca hemen hemen aynı kalmıştı. Taş cepheyle inşa edilmiş nispeten alçak yapılarıydı. Kraliyet Borsası ve St. Paul Katedrali, hem Britanya İmparatorluğu'nun hem de Şehrin gücünün ve direncinin sembolü olarak uzun bir süre korunan miras alanları şeklinde, şehrin en başta gelen sembolleri arasındaydı. 20. yüzyılın başlarında, Amerikan sermayesi gökdelende genişleyen dünya gücünün ikonik sembolünü bulduğunda, Londra geçmişine sarıldı ve içe dönük ve İngiliz odaklı olarak kaldı. Kararlı bir koruma anlayışıyla modernizme direnmek, İngiliz mirasına sarılan imparatorluğun bir gurur meselesi haline gelmişti. Şehir Planı sonunda, koruma alanlarının daha da genişletilmesi ve bina kısıtlamaları ile Londra'nın geleneksel planlama politikasını sürdürdü. 1938'den beri South Bank'tan, Thames köprülerinden ve Kuzey, Batı ve Doğudaki belirli noktalardan St. Paul katedralin önemli yerel manzaralarını korumak ve geliştirmek için politikalar yürütüldü. Amaç, St. Paul Katedrali'nin 'uygunsuz gelişme'den korunmasıydı. Şehrin değişime ihtiyacı olduğu ortadaydı ancak aynı zamanda geçmişin en iyilerinin korunması gerektiği düşünülmekteydi (Tafari 1979, Twombly 1995). Fakat artık günümüzde, Swiss-Re'nin bir şehir simgesi olarak statüsü, şehrin geleneksel simge yapılarını bile geride bırakmaktadır. Yapılan anketlere göre bu bina, St. Paul Katedrali ve İngiltere Bankası ile karşılaştırıldığında, şehir simgesi olarak daha çok kabul gördü (Kaika, 2010). Bununla birlikte binanın sokak düzeyinde, zemin katta hiç çalışmadığı, sadece üst kısmın tepedeki bir boşluk ve parti için iyi bir yer olarak algılandığına dair görüşler de ileri sürüldü. Bu görüşten hareketle, ikonik mimariyi zemin kat mimarisi ile birlikte değerlendirmenin önemli olduğu düşünülebilir ve bu çalışmanın ilerleyen bölümlerinde bu durum ele alınacaktır.

### **Kuzey Amerika'daki Örnekler Üzerinden Bilbao Etkisinin Değerlendirilmesi:**

Bilbao etkisinin açıklaması, mimari üzerine olan tüm bilimsel ve popüler yayınlarda bulunur. Bir şehir, tarihinin doğru zamanında doğru mimari bulduğunda ekonomik ve kültürel riski üstlenirse, yaklaşık üç yıl içerisinde aldığı yatırımı iki katına çıkarabilir. Ekonomik açıdan düşünse geçmiş sanayi bölgesini de tekrardan canlandırabilir. Yani Bilbao etkisi,

kültür endüstrisinin üçüncül ekonomisi olan Modernist Gerilemeden bir çıkış yoludur (Patterson, 2022). Terimin ilk zamanalarda kullanım amacı kutlama amacı taşıırken, günümüzde eleştirmenler tarafından Gehry'nin evinin mimari ve kentsel tasarım üzerindeki baskısını kınamak için kullanılmaktadır (Sze, 2010, Ahlfeldt ve Mastro 2012). Örneğin eleştirmen Witold Rybczynski (2002) yay faktörü'nün ziyaretçileri heyecanlandırabileceğini, ancak bunun üzerine kalıcı bir değer inşa etmek için sağlam bir temel olmadığını savundu. Harika mimari bize “Bana bak” yerine daha fazlasını söylemeliydi. Bu arada Marksist ve diğer eleştirel akademisyenler Bilbao etkisinin, yerel kültür ve özgünlük pahasına küresel bir kapitalist sınıfın çıkarlarını ilerleterek, mimarlığı metalaştırdığını savundu (Sklair, 2017). Amacı ister kutlama ister eleştirme olsun, ‘Bilbao Etkisi’ çalışmaları literatürde hızla yayıldı ve çok farklı sorunlarla karşı karşıya kalan kültürel kurumlar ve çeşitli yerel kurumlar bundan etkilendi.

Bu yöntemin yayılması, Bilbao Etkisinin sonuç olarak neler doğurabileceğinin bilinmemesine rağmen gerçekleşti. Plaza, Bilbao'daki ekonomik büyümenin yalnızca IAD'a ait olmadığını, asıl pay sahibinin güçlü kültürel bileşene sahip üretkenliğe ve çeşitliliği hedefleyen daha geniş tutarlı bir kamu politikasına ait olduğunu öne sürmüştür (Plaza, 2008). Fransa'nın Arles şehrinde Gehry tasarımı Luma Vakfı Binası örneğinde de olduğu gibi bir IAD beklentisi olan tasarımın inşaat başlamadan önce bile bir mahallede büyük sosyo- ekonomik değişikliklere yol açabileceği rahatça görülmektedir. Grodach (2008)'in California'daki iki sanat müzesi üzerine yaptığı çalışma bu projelerin etkisinin mevcut çevre ve bölgesel tüketici tanımlarından kaynaklanan rekabet gibi faktörleri nasıl zayıflattığını ortaya koydu. IAD'lere karşı anlayışımız büyük ölçüde yol alırken ve IAD'lerin bağlamlarına bağlı olduğu gerçeğini görmemizi sağlarken bu çalışmalar bize Bilbao etkisinin genel olarak IAD'lere özgü olduğu söylemez. Ayrıca tek bir durumda tek bir etkiyi test etmeye çalışmak, nedenselliğin çökmesi sorununa yol açar. Aslında Gehry'nin Museo Guggenheim'da olan etkileri tartışmalıdır. Bu sorunu ele alan büyük- N yaklaşımları, bireysel vakaların karmaşıklıklarını kesen ilişkileri potansiyel olarak ortaya çıkarabilir. İkonik mimarinin ekonomik etkisine karşı büyük- N çalışmalarından biri, Fuerst, McAllister ve Murray (2011) tarafından yapılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 17.000 ofis binası örnek alınarak seçkin mimarlar tarafından yapılan yapıların seçkin olmayanlar tarafından tasarlanan yapılara göre %5-7 oranında daha yüksek kireye sahip oldukları ve %17 daha fazla satıldığı ortaya çıkarılmıştır.

Bilbao etkisinin incelenmesinde zorluk çekilmesinin bir diğer nedeni ise yanlış seçimlerdir. IAD'ler rastgele mahallelere atanmazlar. Üniversite kampüsleri, şehir merkezleri gibi özel yerlere atanmaları daha olasıdır. Bu sebeple IAD'lerin çevre üzerindeki etkisinden çok ilk etapta aslında

çevrenin IAD'leri çekme etkisini görmemiz gerekir. Bu nedenle Bilbao üzerindeki araştırmalar dört ana problemle karşılaşmıştır: Genelleştirilebilirlik, tesadüfi faktörlerin çözülmesi, nedensel yönün belirlenmesi ve yanlış seçimin ortadan kaldırılması. Bu yönde bir metodoloji geliştirmeye çalışan Patterson (2022)'in çalışması, IAD'leri dört boyutlu bir süreç olarak kavramsallaştıran Thierstein, Alaily-Mattar ve Dreher (2020) tarafından geliştirilen bir anlayış çevresinde oluşturulmuştur : 1-) IAD'lerin oluşmasında diğerlerinden farklı olarak belirli olaylara yol açan 'başlangıç koşulları'nı dikakte almak 2-) Geliştirme sürecine dahil olan 'eylemler'i incelemek 3-) Yapının kendisi de dahil olmak üzere süreç içerisindeki anlık 'çıktıkları' alabilmek ve bunun yanında medya kapsamı, kullanıcı deneyimi vb. durumları tespit edebilmek 4-) İkincil etkiler sonucunda IAD ile ilgili bazı metodolojik kararlara ulaşmak.

Başlangıç koşulları açısından bakıldığında, bir çalışma popülasyonu belirlenmesi gerekir. Bilbao etkisi farklı kültüre ve sosyo-ekonomik yapıya sahip olan şehirlere yayıldığında bu fikrin sadece Bilbao şehri ile sınırlı olmadığı fark edilmektedir. Yani bu fikir farklı popülasyon ve kültürlerle rahatlıkla uygulanabilir ve uygulanmıştır. İkinci ve üçüncü adımlar yani 'eylemler' ve 'çıktılar' IAD'lerin nasıl operasyonel hale getirebileceği ve örnekleneceği konusunu gündeme getirir: Sonuçlar geliştirici tarafından gerçekleştirilen eylemlere mi yoksa bitmiş yapıya mı dayalı olur? Her iki başlık da önemli olmakla birlikte, çıktılara göre vakaları seçmek, yani bir yapının veya binanın ikonik olup olmaması sorun teşkil eder. İkoniklik gelişmenin herhangi bir nedeni değildir; bir sonucudur. Çevrelerini olumlu etkileyen binaların ikonik olarak görülmesi daha olasıdır; asıl olarak durum, IAD'nin ikincil etkisine bağlıdır. Bilbao etkisinin asıl ifade ettiği olgu herhangi bir binanın yapım amacına uygun olmasını ya da olmamasını umursamaz. Bilbao etkisinin amacı bu nedenlerle yapılan binanın İkonik olarak tasarlanmasını sağlar. Bu sebeple ikinci adım olan 'eylem' diğer adımlara göre daha çok tercih edilen bir değerdir. Ponzini ve Manfredini (2017) ile Sklair (2005) tarafından IAD'lerin nihai yapının karakteristiğine değil, onu tasarlayan mimari firmaya göre operasyonel hale getirilmesi konusunda eylemler belirlenmiştir. Başka bir deyişle yıldız yapı bir yıldız mimar tarafından yapılan herhangi bir yapı olarak tanımlanır. Bu durum, strateji geliştiricilerin asıl niyetini ve ikonik bir yapı oluşturmak için yaptığı eylemleri daha net bir şekilde göstermesini sağlar. Ponzini ve Nastasi'nin (2011) iddia ettiği gibi, 'bir yıldız mimarın adı' sadece kentsel alanların geliştirilmesi ve canlandırılması için projelerin tasarlanmasında değil, aynı zamanda olumlu imajın tanımlanmasında da kilit aktörlerden biri konumundadır.

Ponzini ve Manfredini (2017) ile Sklair (2005), mimarlık firmalarının uzun bir listesini bir araya getirerek veri seçimi yaptılar. Bu firmaların

seçimi, büyük bir ödül kazanan (örn. Pritzker Ödülü) mimarların veri tabanının araştırması ve araştırmacıların mimarlık alanındaki kendi bilgileri temel alınarak oluşturulmuştur. Araştırılan bu mimarlık firmalarının kastedilen özelliklere ulaştıkları dönemler dikkate alınmıştır. Son adım olarak 25 firma resmi web sitelerinde listelenen çevrimiçi portföylerden alınan bir proje listesi oluşturdu. Projeler 2000-2009 yılları içerisinde tamamlanan ve Kanada veya Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunanlarla sınırlıydı. Projeler müzeler, apartmanlar, kamusal sanat ve ofis binaları gibi kalıcı, büyük ölçekli, herkesin görebileceği projelerle sınırlıydı ancak özel evler, iç tasarım veya yerleştirme sanatı ile sınırlandırılmamıştı. Bu çalışmaları temel alan M. Patterson (2022) 'un çalışmasında ortaya çıkan veriler, toplam 142 IAD içermektedir. İncelediği, ABD'deki 56 kasaba ve metropol alanına, aynı zamanda Kanada'daki 2 şehre dağılan, ancak metropollerde yoğunlaşma eğilimi gösteren 118 mahallede en az bir IAD vardı. Bunlardan sadece beşi, üç projeye birden sahip olmakla öne çıkı-maktaydı: Manhattan'daki Lincoln Meydanı, Dallas Sanat Bölgesi çevresi, Los Angeles Civic Center alanı, Toronto Üniversitesi kampüsü ve Toronto şehir merkezi.

Thierstein ve ark. (2020), IAD'lerin etkilerinin ekonomik, sosyo-kültürel ve morfolojik olabileceğini öne sürerek Bilbao etkisini öncelikle ekonomiyle ilgili olarak dar bir açıdan inceler. Heidenreich ve Plaza (2015), IAD'lerin üç tane ekonomik sonucunu açıklamaktadır: Birincisi, IAD'ler yakın çevrelerinin ekonomik değerini artıran yeni sakinler ve ziyaretçiler çeker. İkincisi, IAD'ler, konumlarının uluslararası iş profilini yükselterek yatırımı üzerine çeker. Üçüncüsü, IAD'ler yerel kültür endüstrilerinde büyümeyi ve yeniliği teşvik eden yayılma etkileri ve yeni politikalar yaratır. İlk iki sonuç, aynı mahalle düzeyindeki sonuçla ölçülebilir: IAD'ları çevreleyen alanlarda arazi kullanımının yoğunluğunda genel bir artış, ekonomik değerlerin artmasını sağlar (Logan ve Molotch, 1987). Bu süreç ekonomik 'canlandırma' olarak adlandırılabilir ve şöyle ifade edilebilir: IAD'lerin inşa edildiği mahalleler ve sokaklar IAD'leri olmayan mahalle ve sokaklara göre daha fazla arazi kullanımı yaşayacaktır. Bu tanımda, arazi kullanımının yoğunlaşması (1) nüfus artışı ve (2) artan kiralar şeklinde açıklanabilir. Üçüncü sonuç, IAD'lerin özellikle yerel kültür endüstrileri içinde büyümeye neden olması anlamına gelir. Kültür ekonomisindeki büyüme (1) bir bölgedeki sanatla ilgili organizasyonlarda veya iş yerlerinde meydana gelen değişiklik, (2) bölgede yaşayan sanatçı ve kültür çalışanlarının sayısındaki değişiklik ile gözle görülür biçimde yaşanır.

Yukarıda bahsedilen Patterson (2022) 'un çalışmasındaki bulgular 'canlandırma' ve 'dönüşüm' açısından Bilbao etkisini desteklemektedir. Nüfus artışı, kira, ticari ve ticari olmayan projeler, mahalleler arasında



önemli farklılıklar oluşturmaya neden olmaktadır. Bu farklılıkları anlamak için, Patterson (2022) tarafından, Dallas Sanat Bölgesi ve Lincoln Meydanı- Manhattan'a odaklanmak yeterli görülmüştür. Zira IAD'ler, boş veya azalan arazileri veya alanların çevresini ve arzu edilebilirliğini yükselterek, terk edilen alanların yeniden geliştirilmesine ve özellikle kültürel, yaratıcı endüstriler içinde yeni sakinleri ve firmaları cezbetmeye yol açmakta, daha geniş bir şekilde mahallenin canlanması için katalizör görevi görmektedir. Güneyde Downtown Dallas'ın bazı kısımları, Kuzeyde Oak Lawn'ın küçük bir bölümünü içeren kısımla örneklendirilmiştir. Bu bölgeler şehir içinde bulunan tipik Amerikan Mahallesi şeklindedir. Yerel halkı Afro-Amerikan olan bu bölge savaş sonrası gecekonduları yıkma ve iki anayolun inşası için hedef alınmıştı. Kevin Lynch 1970'lerin sonlarında Downtown Dallas ve Oak Lawn'ı birbirine bağlayacak olan 'Sanat Bölgesi'ni yaratmak için Dallas'ın birçok sanat kurumunun bu bölgeye taşınmasını önerdi. Ancak bölgedeki boş değersiz arazilerin bir anda değerlendirilmesi sonucu oldukça eleştirildi. 2000'li yıllar bölge için bir dönüm noktası oldu. Nasher Heykel Merkezi'nin (Renzo Piano, 2003), Winspear Opera Binası'nın (Norman Foster, 2009) ve Wyly Tiyatrosu'nun (Rem Koolhaas, 2009) yapıldığı görüldü. Aynı zamanda bu bölge Sanat Bölgesi adı altında Apartman bakımından bir patlama yaşadı. Bu sebeplerle kiralar düştü ve olmayan bir genç nüfus bir anda ortaya çıktı. Dallas Sanat Bölgesi aslında Bilbao Etkisinin tam bir açıklamasıdır. Bu senaryonun alternatifleri daha birçok şehir merkezlerinde görülebilir. Bununla birlikte, bölgedeki 2000'lerin IAD'leri mahalleleri canlandırmayı amaçlamamıştır. Asıl amacı Lincoln Center'ı genişletmektir. Lincoln Square, IAD'lerin "zaten soylulaştırılmış, müreffeh ve katı bir şekilde üst- orta sınıf mahallelerin çok daha seçkin ve pahalı yerleşim bölgelerine dönüştürülmesi" olarak tanımlanan "süper soylulaştırmaya" nasıl dönüşebileceğini göstermiştir. İstatistikler Lincoln Meydanının on yıl içerisinde daha zengin ve daha yaşlı bir nüfusa sahip olduğunu göstermektedir. Bölgede sanat kurumlarının sayısında önemli artış olurken sanatçı sayısı tam tersine azalma gösterdi. Lincoln Meydanı'ndaki tüm IAD'ler kültürel olsa da, bu sonuç, ticari IAD'ler ile kira artışları arasındaki güçlü ilişkiyi anlamaya yardımcı olmaktadır. Sonuç olarak ticaret uzmanları, süper soylulaştırma yerleri de dahil olmak üzere en sıcak emlak piyasalarında yalnızca seçkin yıldız mimarları işe almayı düşünebilirler (Patterson, 2022).

### **Abu Dabi Özelinde Marka Mimarisi:**

Markalı büyük ölçekli geliştirme projelerinin zirvesi olma niyetiyle, Abu Dabi son zamanlarda gazetelerde ve mimari dergilerde merkez sahnede yer almaktadır ( Gimbel, 2007 ). Orijinal yerleşimin yıkılmasından sonra, 1960'ların ikinci yarısında bir altyapı planı ve bir imar ve arazi kullanım planı tasarlandı. Birleşik Arap Emirlikleri'nde (BAE) gruplanan

yedi saltanat 1971'de başkentleri Abu Dabi olan tek bir bağımsız egemen birim haline geldi Geçici işçilerdeki artış nedeniyle 1986 ve 2005 yılları arasında nüfus ikiye katlandı. Abu Dabi'nin çevresel sürdürülebilirlik hedefleri, markalı Masdar City projesi ışığında yüzeysel olarak ifade edilebilir; ancak büyük arazi tüketimine ilişkin ilgili sorular yerel kamuoyu tartışmalarında hiç gündeme gelmemiştir (Koolhaas, 2007). Abu Dabi'nin petrol ekonomisini çeşitlendirme hedefiyle inşaat ve turizme yönelim olmuştur. Bu nedenle, gösterişli mimari ile pazarlama ve markalaşma çok önemli olarak algılanmıştır. Saadiyat Adası ( Mutluluk Adası), yirmi kilometrelik sahil şeridi boyunca 28 milyar dolarlık bir alana sahip yaklaşık otuz otel, üç marina, 8000 villa ve 38.000 konut inşa etme sürecinde olan 27 kilometrekarelik bir yatırım ve gelişim alanıdır (Ponzini, 2011). Proje, uluslararası sahnede bir simge olarak bir Kültür Bölgesi'nin oluşturulmasını içermektedir. Tüm bunlarla birlikte, en başından beri, kısa bir süre içinde ikonik binalardan oluşan bir koleksiyon oluşturmak, itici bir fikir olmuştur. Yöneticilerin beklentisinde, yıldız mimarların şehre kimlik kazandırması, şöhretlerini ve tarzlarını Saadiyat Adası'na bağlamaları vardı. Ünlü mimarların ve uluslararası kültür kurumlarının kullanılması, operasyonun kültürel ve finansal güvenilirliğini pekiştirme işlevi gördü. Master planda, yoğunluğun ve işlevlerin dağılımının, düşük gelirli sakinleri veya kullanıcıları münhasır ve dışlayıcı olması amaçlanmıştır.

### **Zemin Kat Mimarisinin Önemi:**

Zemin katlar önemlidir. Zemin katlar birçok amaca hizmet ederken, bir çok işlevle de etkileşime girer. Bunlardan en başta gelen, binaların yanında yürümektir. Bina içindeki işlevleri sokak yaşamıyla ilişkilendiren kavramlardan bazıları da kenarlar, binalar ve şehir alanları arasındaki geçiş bölgeleridir. Buna ek olarak, yol boyunca ayrıntılar ve görüntüler özenle hazırlanmışsa yürümek daha da çekici hale gelebilir (Gehl et al 1982). Örneğin Dublin'deki kapılar, ince detayları ile posterlerde ve turist broşürlerinde sergilenir. İyi bir zemin kat mimarisini temsil ederler. Dış mimari, izleme noktalarına bağlıdır. Uzaktan ve dik konumdan ne görüldüğü ise, doğrudan insanın görüş açısına bağlıdır. Görme duyumuz atalarımızın avcılık ve toplayıcılık yapmasından dolayı yukarıdan çok, önü ve yanları görecektir şekilde daha iyi gelişmiştir. Bina mimarisi ile ilgili olarak bu durum, insanların bir binayı bütünüyle görebilmek için oldukça geriden bakmaları gerektiği sonucunu doğurur. Yaklaştıkça üst katlar yavaş yavaş gözden uzaklaşır; ta ki artık sadece zemin katı görene kadar. Dublin'deki kapılardaki detaylar gibi, sadece bir bölüm gözükene kadar... (Jacobs 1993)

Görme ve işitme uzak duyularımızdır. Zemin kat cepheleri, çok daha uzak bir mesafeden algıladığımız binanın geri kalanı veya cadde hakkındaki düşüncelerimizden çok daha büyük duygusal etkiye sahiptir. Yo-

ğün ve duygusal olarak kısa mesafelerde daha güçlü deneyim sağlanır. İnsanlarla yapılan anlam ve duygusal etki algılarını binalarla olan karşılaşmalara da aktarırız. İnsan- bina etkileşiminde güçlü ve dinamik tepkiler vardır (López, 2003). Bu açıdan, 5 km/s mimarisi yürüme hızına gayet uygun ve yeterlidir. Yürüyerek manevra yapmak kolaydır ve yayalar cephelelere oldukça yakın olabilirler. 5 km/s mimarisi ayrıntılar bakımından da zengindir. Araçların kullandığı yollar 60 km/s'lik mimaridir. Burada geniş alanlar ve işaretler vardır; lakin yolcular bu hızda hareket ederken ayrıntıları algılayamadıklarından dolayı mimari, ayrıntılardan yoksun düzgün binalarla karakterize edilir. Ancak kentsel tezat şudur ki, bazen yayalar 60 km/s'lik kentsel peyzajlarda yürümek zorunda kalırken, arabalar geleneksel 5 km/s'lik sokaklarda ilerlemek zorunda kalırlar (Varming 1970, Bosselmann 1998). Bakış açısı ve mesafe, kamusal alanda önemli rol oynar. Kaldırımlarda yürürsek binaları çeşitli açılardan algılarız ancak genellikle deneyimin yoğunluğunu azaltan bir mesafeden... En iyi senaryoda, görülecek çok şey var. Normal olarak, zemin kat cephesine yakın olduğumuzda, diğer katların hiç birinde bir anlam bulamıyoruz. Şehirde yürürken algıladığımız ve hatırladığımız zemin katlardır. İnsanlar binaların kendileri hakkında gerçek pek bir şey fark etmez. Zemin katlar ne kadar ilginçleşir ve çeşitlenirse, kentsel ortam o kadar davetkar ve zenginleştirici olur. Dolayısıyla zemin katlar, bina ve şehrin bulunduğu yerlerdir. İnsanların sürekli olarak zemin katlarla yakın etkileşimi, hatıralarda da yer edeceğinden, şehrin zemin katları adeta bir sürekli geçmiş ve şimdiki zaman algısı içindedir.

Geçmişte binalar küçük ve dükkanlar mütevaziydi. Öncelik yaya trafiğini barındıracak şekilde tasarlanmıştı. Zemin katlar ve bina girişleri zengin, süslü detayları barındırıyordu. Zaman ilerledikçe kent alanı, büyük işlevsel çeşitlilik nedeniyle yoğun ve davetkar hale geldi. Küçük üniteler, birçok kapılar, girişler oluşturuldu. Hem eski hem de modern şehirlerde, alışveriş caddeleri tekdüze ritimlere sahiptir: Sokakta yürürken sahne her 5 saniyede bir değişiyor. İnsanlar kamusal alanlarda yürümeye devam ediyor. Bu da rahatça yürüyebilmeyi gerektirir. Yani, canlı ve güvenli şehirler kamuoyunun belirgin bir ihtiyacıdır. Binaların en alt kısımlarını bir yakınlama, kaynaşma mimarisi olarak tasarlamak ve modern bir bina kültürü geliştirmek gerekiyor. Tüm bunlarla birlikte, özellikle yüksek bina giriş katları ve zemin kat üstü çıkmalar, mimari görünüm olarak estetik bir durum oluştursa da, depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda sorunlara yol açmaktadır (Koç and Tuhta 2012a, b). Binaların mimari formları ve depreme dayanımları arasında, belirgin ilişkiler söz konusudur (Koç 2016; 2021a, b,c,d; 2022). Bunlardan da hareketle denebilir ki, zemin kat cazibesini daha çok farklı cephe kaplaması, sanatsal tabela ve cephe boyamaları, taşıyıcı sistemden bağımsız ve sistemi fazla

zorlamayacak ek çıkma modülleri vb. unsurlarla geliştirmek, hem daha estetik hem de daha güvenli olacaktır.

Zemin katların şehir hayatına etkisi, kent yaşamı ile zemin katlar arasındaki ilişki, yıllar boyunca sayısız araştırmaya konu olmuştur. Örneğin bir çalışmada, çalışma alanı olarak Kopenhag'daki alışveriş caddeleri seçilmiştir (Gehl et al. 2006). Seçilen bölümler iki farklı cephe tipine sahiptir. Çok kapılı çeşitli cepheler, dış ve iç görsel temas ve az kapılı, kör veya penceresiz işlevsiz tek tip cepheler. Her bölüm için 10 m.'lik kısım seçilmiştir. Segmentler daha sonra A ve E alanları olarak belirlenmiştir. Nüfus karışımı, yaya akışı, iklim, zaman ve trafik yoğunluğu gibi faktörler altında inceleme yapılmıştır. Gündüz ve akşam çalışmaları homojen sonuç vermiştir. Cephe tipi ile yoldan geçen insanların davranış seviyeleri ve aktiviteleri arasında açık bir bağlantı olduğu gözlenmiştir. İnsanlar, ilginç cephe bölümlerinde, daha göz alıcı ve açık cephelerin önünden geçerken daha yavaş hareket ettiklerinden, buralarda yaya trafiği %13 daha yavaştır. Kafa hareketlerinin kayıtları, A cephelerinden geçenlerin %75'inin başını cepheye çevirdiğini göstermiştir. Bu oran E cephesinde %25'tir. Tüm yayaların %25'i A cephelerinin önünde durmaktadır. Bu oran E cephelerinde %1'dir. İki cephe tipinin önündeki çeşitli aktivite türleri incelendiğinde, E cephelerinin önündeki faaliyetlerin büyük ölçüde işlevsel olduğu görülmüştür. A cephelerinin önündeki aktivitelerin çok daha çeşitli olduğu ve çoğu zaman kendiliğinden oluştuğu gözlenmiştir. Bir arkadaşı bekleme, cep telefonu ile konuşma veya birisiyle yakından sohbet etme A cephelerinin önünde daha sık yer almıştır. Bu cephelerde kentsel yaşam daha fazla aktiviteye sahiptir. Zira insanlar insanları çeker. Dışardakiler açısından ilgi gören dükkanların çoğu, çok sayıda insanların girip çıktığı, alışveriş yaptığı dükkanlar değildir. Süpermarketlerin ön cephelerinde az sayıda aktivite bulunurken, içlerinde nispeten yüksek sayıda ziyaretçi barındırmaktaydı. Burada bahsedilen çalışmalar, cephe detayları ve ticari caddelerde konutların olmasının kullanışlılığı hakkında bilgiler içermektedir. Çalışmalar ayrıca şehir hayatının hızlı temposu üzerinde etkileri ortaya koyuyor. Her şeyi hesaba kattığımız zaman aktif cephelerin pasif cephelere göre aktivite sayısının yedi kat fazla olduğunu görüyoruz. Bu testlerden çıkarılacak sonuç, cansız ve kapalı cephelerin sakinleştiği, açık ve ilginç cephelerin ise kentsel kullanıcıları harekete geçirdiği olmalıdır. Bu faydalı bir sonuçtur lakin, bir sokağın faaliyet düzeyinin nicel olduğunu, bakılacak ne kadar yaşam ve faaliyet olduğunu bir ölçüsü olduğunu da görmek gerekir. Sokaklara daha yakından bakacak olursak, aktif ve güvenli şehirler oluşturmaya yönelik birçok iyi niyeti göz önüne alırsak, kentsel yaşamı iyi yönde etkileyen faktörler hakkında bilgili olmanın daha iyi ve planlı şehirler kurmak için önemli bir etken olduğunu bilmemiz gerekiyor. Sahnelere odaklanmayı azaltarak, daha iyi

tasarlanmış zemin kat projelerini teşvik etmek için en zor argümanları buluyoruz. Yapılması gereken temel amaç, yayaların kendi şehirlerinde hareket özgürlüğünü teşvik etmek ve uygulamaktır. Cephe politikası kentsel güvenliği de ele almaktadır. Kaliteli içeriğe, deneyimin zenginliğine ve şehirlerde bulunmanın zekine bakmak gereklidir.

Benzer şekilde, Madrid'de kenar bölgelerin ve cephe tasarımlarının insanların davranışları üzerindeki etkisi üzerine de bir çalışma yapılmıştır (López, 2003). Ritim, düzensizlik ve şeffaflık gibi çeşitli faktörler için indeksler kullanılmıştır. Cephe şeffaflığı, kısmen kapalı alanlara karşı camlı alanlar, kısmen zemin kat alanına bakma fırsatı ve zemin kattaki faaliyetlerin sokak alanı entegrasyonu ile tamamlanır. Üç faktör üç kademeli ölçekte değerlendirilmiştir: 0; 0,5 ve 1. Cephenin toplam indeksini 0 ile 3 arasında sayısallaştırmak için üç rakam belirlenmiştir. Bu çalışma, Kopenhag'da yapılan çalışmayla aynı sonuçlara varılmıştır. Madrid çalışması ayrıca sosyal aktivitelerin yanı sıra daha yavaş yürüme ve baş çevirme olgularının cephelerin önünde meydana gelen etkenler olduğunu kanıtlar oldu. Bu sonuca, zemin katın işlevi dahil edilmeden ulaşılmıştır. Çalışmaya dayanarak, kentsel yaşamı iyileştirmeyi amaçlayan cephe tasarımları hakkında bazı tavsiyeler verilebilir. Ayrıca, faaliyetlerin, şeffaflığın yüksek olduğu, durma ve sosyal aktivitelerinin fazla olduğu yerlerde yoğunlaştığı açıkça görülmektedir.

Mevcut ve yeni kentsel alanlarda zemin katların planlanması ve tasarımı yakın karşılaşma mimarisine uygun olarak düzenlenmelidir. Başarılı zemin kat politikası ve kentsel planlama örnekleri sunulmalıdır. Zaman geçtikçe bazı şehirler zemin kat mimari yapılarını değiştirmeye başlamıştır. Zemin katlara ayırt edici bir mimari getirme ilkesi, Birleşik Krallık ve İrlanda'da uzun zamandır devam eden bir gelenektir. Benzer prensipler, caddeye bakan diğer binalara da uygulanmalıdır, çünkü yalnızca zemin kat yakın mesafeden deneyimlenmektedir. Zemin katların çekiciliğini artırmaya yönelik çalışmalara bazı örnekler de bulunmaktadır. Sorunlar çoğunlukla kentsel kaliteye zarar verdikten sonra alakalı hale gelir. İlk adım, şehrin sokakları boyunca zemin katların haritasını çıkarmaktır. Sorunların çözümü için öncelikle ne kadar kapsamlı, özellikle nerede, çok sayıda cepheye sahip alanlar var, çekici cepheler genellikle nerede bulunurlar, gibi sorular sorulmalıdır. Cephe çekicilik analizi tüm bu konuların cevabını netleştirebilir. Daha keskin bir cevap alabilmek için sorunu hem gündüz hem de gece incelemek gereklidir. Bir sonraki adım, şehirdeki tüm yaya yollarını ve ana caddeleri inceleyerek hangi yerlerin katı cephe gereksinimlerine tabi olması gerektiğini ve hangi yerlerde daha esnek cephelerin kabul edilmesi gerektiğini belirlemektir.

Stockholm şehir merkezi özelinde de, şehir hayatı üzerine kapsamlı bir çalışma yapılmıştır (Gehl, 1990). Anket, kamusal yaşama göre şehir

merkezinin nasıl işlediğine dair bir araştırmayı barındırıyordu. Daha sonralarda ise kentsel yaşam koşullarının iyileştirilmesi konusunda çok sayıda önerilerde bulunulmuştur. Çalışmanın itici gücü, 20 yıllık bir dönemi kapsayan şehir içi yaşam kalitesini iyileştirebilme arzusuuydu. Çok katlı otoparklar, yeni Stockholm'ün kentsel niteliklerinin birçoğunu soydu. Bunun yerine kayıtsız ve çok sayıda cephe sundu. Cephelerin haritasını çıkarmak, sorunun en kötü olduğu semtleri belirlemede önemli etkenidir. Zemin kat cepheleri haritalandırıldıktan sonra, bir zemin kat konusu çizildi. Bu strateji ile, ihtişamlı zemin kat cepheleri sağlamak için artık ilgili gereklilikler yapılabilirdi. Bu uygulamalar, Stockholm'ün merkezinde küçük mucizeler doğurma potansiyeline sahiptir. Doğal olarak, Stockholm'ün kentsel çevresi, sakin ve geceleri sessiz olmakla birlikte bir rahatsızlık ve buna bağlı başka sorunlar da meydana getiriyordu. Dar binaya sahip olmalarını sağlayan diğer binaların dışına 4 metrelik derinliklerinde dükkanlar ve konut iş yerleri inşa edildi. Değişim dönüşümü de meydana getirdi. Sokaklar daha samimi hale geldi. Cansız cephelerin yerine çeşitli işlevleri gören küçük iş yerleri yapıldı.

Melbourne'de de şehri canlı tutmaya yönelik bazı politikalar geliştirmişti. Politika, kenti canlı bir sokağa çevirmek için yeni binaların tasarımını daha görkemli ve ihtişamlı olarak düzenlemektir. Cephe politikasının en önemli amaçlarından biri de zemin kat cephelerinin yayalara hitap etmesi için göz alıcı mimariler yapmak ve iyi bir aydınlatma seviyesi ile kentin güvenliğine katkıda bulunmaktır. Yapı ruhsatı için başvurular, sürdürülebilirlik, zemin kat cephelerinin yerel çevre üzerindeki etkileri, güneş ışığı ve rüzgar koşulları üzerindeki faktörleri ele alan kriterlere dayalı bir Kentsel Bağlam Raporu sunmalıdır. Yayalar için de çekici olması gereken kentsel alanlar tasarlanır. Zemin katın çekiciliği, mağaza ve bina sahiplerini aktif zemin katları korumanın önemini etkilemek için tüm cephelerin incelenmesiyle takip edilmiştir. Bu basit tarif bölgenin çekiciliğini önemli derecede artırmıştır. Buradan çıkarılacak en önemli ders, yeni kentsel alanlardaki canlı çekiciliğin, uzun vadede iyi bir yatırım olduğudur. En önemli planlama ilkesi öncelikle yaşamdır. Cömert yeşil alanlar blokların önünde ve arasında bol miktarda bulunur, ve bu da binalar ve kamusal alanlar arasındaki ara yüzün ele alındığını göstermektedir.

Almanya'nın Freiburg şehrinde iki yeni şehir bölgesi inşa edilmiştir. Her iki bölge de tramvay hatlarının yanındaki bir cadde etrafında toplanmıştır. Caddelerde sıralanan 4 katlı binalarda mağazalar ve ofisler üst üste yığılmış gibidir. Kamusal alanlar ve özel alanlar arasındaki geçiş bölgelerinin işlenmesini sağlamak için yumuşak kenarlar ilkesi kullanılmıştır. Şehir ve bina arasındaki diyalogun kendine özgü ve benzersiz yapısını savunmak için birçok mükemmel argümanlar yapılabilir. İnsanların binaları büyük yüksekliklerden sokaklara düşürmesi çok iyi bir şey olabilir.

İnsanların sıkça karşılaştığı yerlere yeni binalar dikilirken, bu binaların şehir mekanları ve içindeki insanlarla anlamlı diyaloglar kurması gerekmektedir. Binalar ve şehir alanları bir bütün olarak ele alınmalıdır.

### **Mimarinin Stres Üzerine Etkileri:**

Bir şehrin mekansal modelini sinerjik olarak yaratan unsurlar, şehir sakinlerinin çevrelerini nasıl algıladıkları ve değer verdikleriyle ilgilidir. Birleşmiş Milletlerin 2015 teki 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefinden 11.'si, şehirleri ve insan yerleşimlerini kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılmaktır (Dai et al 2018). Artan küresel nüfusu barındırmak için modern ve sürdürülebilir şehirler inşa etmek gerekir. 11. hedef, şehirlerin vatandaşlarının duyguları ve psikolojisi üzerindeki etkileri dikkate alınarak tasarlanmasını öneriyor. Şehir imajı, şehrin ve sakinlerinin mizacı, kalitesi, tutumu, ekonomisi ve modernizasyonu dahil olmak üzere peyzajın benzersiz özelliklerini ve maneviyatını içermektedir. Buna paralel olarak, Kevin Lynch, şehir imajının yalnızca bilgiye veya bir kavrama dayalı olmadığını öne sürmüştür; şehir imajında insanlara memnuniyetin ve güvenliğin sağlanması gerektiğini belirtmiştir (Lynch 1960). Zira şehirde yaşayanların kendilerini mutlu hissetmeleri gerekmektedir.

Kate Jeffery (2017)'nin dediği gibi, bizler içinde bulunduğumuz yerin yaratıcılarıyız. Bu felsefe nöromimari olarak bilinmektedir. Kentler, halkın günlük yaşamlarında gördükleri yerlerdir. Saltanat, kraliyet, ihtişam, dinginlik ve barış duygusunu temsil ettikleri için hala mimari olarak harika yapılardır. Bir şehir, yaşanacak bir yer olmasının yanında görsel olarak da güzel olmalıdır. Örneğin, New Taipei Şehri, Linkou bölgesindekiler gibi büyük bir bina grubunun ortasında yürürken sakinlere stresli hissettirebilir (Korczak et al, 2010). Binaların şeklinden kaynaklanan stresle beraber, çok sayıda stres yaratan küçük bina, zihinsel baskıyı artırabilir. Stresi azaltan bahçelerin tasarımı, sadelik veya doğallık gibi, Zen ilkelerine dayanır. Mimari tasarım düşüncesi, bir tasarım stratejisinin parçası olarak stres giderme fikri de dahil olmak üzere, amaca yönelik fikirlerin oluşturulabilmesi için bir dizi faaliyettir ve bu fikir, yenilik sürecinin özüdür (Perry, 2016).

İnsanlar genellikle bir gerilim halinde yaşarlar ve bu nedenle kentsel peyzajı iyileştirme gibi yollarla stres gidermeye ihtiyaçları vardır. Stres giderme, çevredeki ortamın rengiyle, ölçeğiyle veya diğer özellikleriyle değişiklikler yoluyla yapılabilir (Haberakn et al. 2014). Ho M-C ve Chiu Y-C. (2021), kentsel çevredeki binaların şekillerini değiştirerek insanlar için stres atma olasılığını araştırdılar. Stresli hayatlar yaşayan insanlar için, zevkli bina yapıları tasarlayarak stres giderici bir psikolojik etkiyi tetiklemek, ruh sağlığına önemli faydalar sağlayabilir. Örneğin, monoton bir şekilde tekrar eden mimari yapılar, yorgunluk ve can sıkıntısına, ardın-



dan depresyon ve kafa karışıklığına yol açar (Bond, 2017). İnsanlar sezgisel olarak düzeni ve karmaşıklığı belirli dozlarda tercih eder; simetrik görsellerle sakinleşir ve fraktal desenlerden etkilenebilirler. Bu nedenle, insanlar sakinleştirici veya ilginç buldukları bir ortamda oyalanmayı tercih edebilirler (Hadley 2019). Bir nesne kayda değer anılar, deneyimler, insanlar, yerler veya değerlerle olan bağları nedeniyle anlam taşıyabilir. Stresi azaltan binalar, mutluluğa ve şehir imajının gelişmesine sebep olmaktadır (Attneave 1954, Ziatdinov 2016).

Tasarımcılar genelde tasarım yeteneklerini sergilemek istediklerinden binalarda çok sayıda tasarım konsepti kullanırlar ve bu da tasarımın insanlar tarafından anlaşılmasını engeller. Tasarımcılar genelde vatandaşların binaların görünümüne ilişkin algılarını göz ardı ettiğinden, bu algılar, vatandaşların mutluluğunu azaltabilir. Tasarımcılar tarafından sık görünmek için karmaşık ve çeşitli sembollerin fazlaca kullanılması, şehir estetiğine uymayabilir ve stres atmaya kolaylaştırmayabilir. Bazı mimarlar mimari yeteneklerini sergilemek için eğriler kullanırlar. Bununla birlikte, iç içe geçmiş birçok eğriye sahip binaların stresi azaltıp azaltmadığı çok da belli değildir (Cash & Štorga, 2015). Ho M-C ve Chiu Y-C. (2021)'nin araştırmalarında bir çok devasa binanın görüntüleri kullanılmıştır. Bunların, insanlardaki stresi artırdığı ortaya konmuştur. Yüksek stresli bir eğitim ortamında, yaşam ortamında veya çalışma ortamında, yeni bir bilgi saldırısı bilişsel aşırı yüklenmeye yol açar. Aynı şekilde, aşırı bilgi, özellikle bina elemanları etkileşimli ise, sakinlerin baskı hissetmesine sebep olur. Söz konusu çalışmada ele alınan 10 yüksek baskılı görüşmeci, çevrenin stresi etkileyebileceği konusunda hemfikir ve basit ve pürüzsüz tasarımların stresi çok sayıda dar görünüme sahip yapılardan daha fazla azalttığı konusunda aynı fikirdelerdi. Dolayısıyla mimari yapılar, insan zihninde, stres gidermeyle ilişkilendirilmiş oldu. Öyleyse bina imajlarının olumlu ve olumsuz yönlerinin, stres giderici bakış açıları ve formlar dikkate alınarak, hem mevcut durumları hem de gelecek hedefler açısından göz önüne alınması gerekmektedir. Zira yargı ölçütleri insanların manevi çıkarlarından etkilenmektedir (Hay et al. 2017, An 2006, Yu 2003).

Bununla birlikte, subjektif uzama hissi, gökyüzünün uçsuz bucaksız tuvalini deneyimleme hissi, şekil veya stres kadar geneldir ve açıklanmaya ihtiyaç duyar. Yine de, bu duyguyu analiz etmek, mimari yapı deneyiminin özelliklerini içe dönük olarak ele alma yeteneğimiz sebebiyle daha kolaydır. Ancak nispeten basit bir mimari deneyim bile karmaşıktır. Mimari anlayışı varsaymadan büyüme deneyimini karakterize etmek zordur. Yapılardan deneyimlere tekabül eden çizgiler ve bu deneyimleri bağlantıya, kaynaşmaya ve içermeye göre bir fenomenal yapıya bağlayan ve genişleme duygusuna karşılık gelen sayısız ilişkiler vardır (Ellard, 2017). İnsanlar görsel olarak düşünmeye, fikir yürütmeye ve hayal etmeye eği-



limlidir; zira insanlarda en baskın duyu görme duyusudur (Hutmacher, 2019). Le Corbusier (2013), mimari yapıların “fiziyojik olarak duyularımız üzerinde çalıştığını” ileri atmıştır. İnsanlar görme duyusunu kullanarak resimleri, şekli ve kelimeleri (okuma yoluyla) deneyimlerler. Daha çok görsel bilgi alınır, işleme için gereken vakit daha uzundur ve rahatsızlığa sebep olur. Ancak tamamen basit ve rutin yapılaşma tarzları da monotonluk etkisi nedeniyle stres doğurur. Bu sebeple deneyim, algı sürecinde ve algı girişiminde büyük öneme sahiptir. Algı geliştirme, algılanan öğelerin deneyimlerden bulunan ara bağlantılardan elde edildiği süreçtir. Bu nedenle mimarlar, sadece kullanılabilir yapılar tasarlamayı değil, aynı zamanda alıcı üstünde psikolojik etki yaratmayı da hedeflemelidir. Süreklilik ilkesine göre, insanlar herhangi bir karmaşık yapıyı bağlantılı çizgiler ve şekillere sahip olarak algılama yönündedir (Metwally, 2021). Binada yaşayanlar, beraber anılar oluşturabilmeli ve binalara bakarken zevk alabilmelidir. Her insanın hem geçim kaynağını hem de eğitimini şekillendirdiği kendine göre bir yaşam alanı vardır (Ho and Chiu, 2021).

## KAYNAKLAR:

- Ahlfeldt, G., and A. Mastro (2012) "Valuing Iconic Design: Frank Lloyd Wright Architecture in Oak Park, Illinois." *Housing Studies* 27 (8): 1079–1099.
- Allison, P. (1994) "Using Panel Data to Estimate the Effects of Events." *Sociological Methods & Research* 23 (2): 174–199.
- Amin, A. (2010). *The economic base of contemporary cities. The Blackwell City Reader*. 2nd edn. Oxford: Blackwell, 60-71.
- An, J. G. (2006). A study on the sensitivity expression of architectural facade design. *Korean Inst. Spat*, 1, 31-37.
- Ashworth, G. J., & Voogd, H. (1990). *Selling the city: Marketing approaches in public sector urban planning*. Belhaven Press.
- Attneave, F. (1954) Some informational aspects of visual perception. *Psycho. Rev.* 61 , 183–193.
- Beriatos, E., & Gospodini, A. (2006). 'Glocalising' urban landscapes: Athens and the 2004 Olympics. In *Dialogues in Urban and Regional Planning* (pp. 83-116). Routledge.
- Bond, M. (2017) *City Designers Rethink the Impact of Buildings on Our Mood in the Age of "Neuro-architecture" as Many of Us Flock to Urban Life*, UK.
- Bosselmann, P. (1998) *Representation of Places – Reality and Realism in City Design*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Cash, P., & Štorga, M. (2015). Multifaceted assessment of ideation: using networks to link ideation and design activity. *Journal of Engineering Design*, 26(10-12), 391-415.
- Corbusier, L. (2013). *Towards a new architecture*. Courier Corporation.
- Dai, T., Zhuang, T., Yan, J., & Zhang, T. (2018). From landscape to mindscape: Spatial narration of touristic Amsterdam. *Sustainability*, 10(8), 2623.
- Domosh, M. (1988). The symbolism of the skyscraper: case studies of New York's first tall buildings. *Journal of urban history*, 14(3), 320-345.
- Ellard, C. (2017). A new agenda for urban psychology: Out of the laboratory and onto the streets. *Journal of Urban Design and Mental Health*, 2(3).
- Evans, G. (2003). Hard-branding the cultural city—from Prado to Prada. *International journal of urban and regional research*, 27(2), 417-440.
- Fainstein, S. (1994). *The city builders*. Oxford: Blackwell.
- Florida, R. (2002). *The rise of the creative class*. Basic books.
- Florida, R. (2005). *Cities and the creative class*. Routledge.
- Flyvbjerg, B., Bruzelius, N., & Rothengatter, W. (2003). *Megaprojects and risk: An anatomy of ambition*. Cambridge university press.

- K., & Saunders, W. S. (2005). *Commodification and Spectacle in Architecture: A Harvard Design Magazine Reader*.
- Fuerst, F., P. McAllister, and C. Murray. 2011. "Designer Buildings: Estimating the Economic Value of 'Signature' Architecture." *Environment and Planning A: Economy and Space* 43: 166–184.
- Gehl, J., Bundgaard, A. and Skoven, E. (1982) Bløde kanter. ['Soft edges', in Danish] *Arkitekten*, XXI.
- Gehl, J. (1990) *Stadsrum and Stadsliv* [Public Spaces and Public Life, in Swedish], Stockholm.
- Gehl, J., Kaefer, L. & Reigstad, S. (2006) Close encounters with buildings. *Urban Des Int* 11, 29–47
- Gimbel, B. (2007). The Richest City in the World-Ninety miles from Dubai, another Xanadu has been decreed. Its name is Abu Dhabi. *Fortune international*, 155(5), 68.
- Grodach, C. (2008) "Museums as Urban Catalysts: The Role of Urban Design in Flagship Cultural Development." *Journal of Urban Design* 13 (2): 195–212.
- Haberakn, NJ; Mignucci, A.; Teicher, J. (2014) *Formal Conversations: A Workbook for Architecture Students*; Routledge: Oxon, UK.
- Hadley M., (2019) *Hurry and Wait for a Spatial Proposal for Relieving Urban Stress—Conscious Design Center, Conscious Cities Anthology 2019: Science-Based Architecture and Urbanism*.
- Harvey D (1979) *American Union of Geographers Memorial and Legend Annals* 69 362 – 81
- Harvey, D. (1989). From managerialism to entrepreneurialism: the transformation in urban governance in late capitalism. *Geografiska Annaler: series B, human geography*, 71(1), 3-17.
- Harvey, D., Harvey, D. W., & Harvey, F. D. (1989). *The condition of postmodernity an enquiry into the origins of cultural change*.
- Hay, L., Duffy, A. H., McTeague, C., Pidgeon, L. M., Vuletic, T., & Greal, M. (2017). A systematic review of protocol studies on conceptual design cognition: Design as search and exploration. *Design Science*, 3.
- Heidenreich, M., and B. Plaza (2015) "Renewal Through Culture? The Role of Museums in the Renewal of Industrial Regions in Europe." *European Planning Studies* 23 (8): 1441–1455.
- Ho M-C, Chiu Y-C. (2021) Evaluating Stress Relief from Architecture: A Case Study Based on Buildings in Taiwan, China and Japan, *Sustainability* 13, no. 14: 7899.
- acher, F. (2019). Why is there so much more research on vision than on any other sensory modality?. *Frontiers in psychology*, 10, 2246.

- Jacobs, A.B. (1993) Great Streets. Boston: The MIT Press.
- Jacobs, J. M. (1994). Negotiating the Heart; Heritage, Development and Identity in Postimperial London. *Environment and Planning D: Society and Space*, 12(6), 751-772.
- Jameson, F. (1991). Postmodernism, or, the cultural logic of late capitalism. Duke university press.
- Jeffery, K. (2017) Conscious Cities Conference No. 2: Combining Neuroscience, Architecture and Technology. Proceedings of the Conscious Cities Conference, 3 May, London, United Kingdom.
- Jencks, C. (2005). The iconic building. Rizzoli International Publications.
- Kaika, M. (2010). Architecture and crisis: re-inventing the icon, re-imag (in) ing London and re-branding the City. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 35(4), 453-474.
- Koç V. And Tuhta S. (2012a) Depremler Sonrası Zemin Katlarda Görülen Çökmelerin İncelenmesi, Samsun İlinin Deprem Riski ve Alınabilecek Önlemler Sempozyumu, Samsun, Türkiye.
- Koç V. And Tuhta S. (2012b) Asma Katlı, Kat Çıkmalı ve Asmolen Döşemeli Yapıların Depremisel Davranışı, Samsun İlinin Deprem Riski ve Alınabilecek Önlemler Sempozyumu, Samsun, Türkiye.
- Koç V. (2016) Deprem Sonrası Ağır Hasarlı Bina Hasarlarının Sınıflandırılması, Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, vol. 2, no. 1, pp. 46-65.
- Koç V. (2021a) Betonarme binalara etkisi açısından geçmiş depremlerin incelenmesi ve önleme yaklaşımına yönelik olarak yapılması gerekenler, Korkmaz A.V. (Der.), Teknoloji ve Mühendislik Bilimlerine Güncel Bakış içinde, s:101- 132, Ankara: İKSAD.
- Koç V. (2021b) Bina tipi yapılarda istenmeyen mimari düzensizliklerin incelenmesi, International Black Sea Coastline Countries Scientific Research Symposium- 1v, Giresun, Türkiye.
- Koç V. (2021c) Taşıyıcı Sistem Tasarım Hatlarına Dair Bir Saha İncelemesi, Mediyerranean Summit 4th International Applied Sciences Congress, Kyrenia, Cyprus.
- Koç V. (2021d) Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımına Uymayan Binaların Tespiti, Istanbul International Modern Scientific Research Congress, İstanbul, Türkiye.
- Koç V. (2022) Mevcut Binalarda Taşıyıcı Sistem Düzensizliklerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (33), 32-39.
- Kong, L. (2009). Making sustainable creative/cultural space in Shanghai and Singapore. *Geographical Review*, 99(1), 1-22.

- Koolhaas, R. (2007). After Bilbao. Thomas Krens' vision or Abu Dhabi as a 'cultural destination'. Volume Al Manakh, 12, 334-336.
- Korczak, D.; Kister, C.; Huber, B. (2010) Differentialdiagnostic des Burnout Syndromes; Schriftenreihe Health Technology Assessment (HTA) at the Bundesrepublik Deutschland; Cologne, Germany.
- Lash, S. M., Urry, S. L. J., & Urry, J. (1993). Economies of signs and space (Vol. 26). Sage.
- Lloyd, R., & Clark, T. N. (2001). The city as an entertainment machine. Critical perspectives on urban redevelopment, 6(3), 357-378.
- Logan, J., and H. Molotch (1987) Urban Fortunes. Berkeley: University of California Press.
- López, T.G. (2003) Influence of the public-private border configuration on pedestrian behaviour. The case of the city of Madrid, PhD thesis. Spain: La Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
- Lynch, K. (1960) The Image of the City ; MIT Press: Cambridge, MA, ABD.
- MacKeith, P. (2005). The dissolving corporation. Contemporary Architecture and Corporate Identity in Finland. EVA-raportti, Taloustieto.
- Metwally, E. (2021). Achieving the Visual Perception and Gestalt Psychology in Sultan Hassan Mosque Building. Open Journal of Applied Sciences, 11(1), 21-40.
- Patterson, M. (2020). Architecture as performance art: Evaluating "iconic power" in the development of two museums. American Journal of Cultural Sociology, 8(2), 158-190.
- Patterson M. (2022) Revitalization, transformation and the 'Bilbao effect': testing the local area impact of iconic architectural developments in North America, 2000-2009, European Planning Studies, 30:1, 32-49.
- Perry, L. (2016). Garden design to reduce stress.
- Plaza, B. (2008) "On Some Challenges and Conditions for the Guggenheim Museum Bilbao to be an Effective Economic Re-Activator." International Journal of Urban and Regional Research 32 (2): 506-517.
- Ponzini D. (2011) Large scale development projects and star architecture in the absence of democratic politics: The case of Abu Dhabi, UAE, Cities, Vol. 28, Iss. 3, 251-259.
- Ponzini, D. and M. Nastasi (2011) Starchitecture: Scenes, Actors and Spectacles in Contemporary Cities. Turin: Umberto Allemandi & C
- Ponzini, D. and F. Manfredini (2017) "New Methods for Studying Transnational Architecture and Urbanism: A Primer." Territorio 80: 97-110.
- Rybczynski, W. (2002). The art of the New Urbanist deal (No. 429). Wharton School Samuel Zell and Robert Lurie Real Estate Center, University of Pennsylvania.

- Rybczynski, W. (2002) "The Bilbao Effect." *The Atlantic*, September.
- Sassen, S. (2018). *Cities in a world economy*. Sage Publications.
- Scott, A. J. (2000). *The cultural economy of cities: essays on the geography of image-producing industries*. *The Cultural Economy of Cities*, 1-256.
- Short, J. R., & Kim, Y. H. (1999). *Globalization and the City* (Vol. 36). Harlow: Longman.
- Sklair, L. (2005) "The Transnational Capitalist Class and Contemporary Architecture in Globalizing Cities." *International Journal of Urban and Regional Research* 29 (3): 485–500.
- Sklair, L. (2006). *Do cities need architectural icons?*.
- Sklair, L. (2017) *The Icon Project*. Oxford: Oxford University Press.
- Sudjic, D. (2006). *The edifice complex: how the rich and powerful--and their architects--shape the world*. Penguin.
- Sze, L. (2010) "Chinatown Then and Neoliberal Now: Gentrification Consciousness and the Ethnic-Specific Museum." *Identities* 17 (5): 510–529.
- Tafuri, M. (1979). *Architecture and utopia: design and capitalist development*. MIT press.
- Thierstein, A., N. Alaily-Mattar, and J. Dreher. 2020. "Star Architecture's Interplays and Effects on Cities." In *About Star Architecture: Reflecting on Cities in Europe*, edited by Nina Alaily-Mattar, Davide Ponzini, and Alain Thierstein, 45–53. Cham, Switzerland: Springer.
- Twombly, R. C. (1995). *Power and style: A critique of twentieth-century architecture in the United States*. Hill and Wang.
- Urry, J. (2007). *The power of spectacle. Visionary Power, Producing the Contemporary City*. *International Architecture Biennale Rotterdam*, 131-141.
- Varming, M. (1970) *Motorveje i Landskabet* [Motorway in the Landscape, in Danish]. Copenhagen: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Yu, J. (2003). *A study on the re-interpreting the expressive property in exterior envelope of architecture*. *J. Archit. Inst. Korea*, 19, 181-183.
- Ziatdinov, R. (2016) *Concept of Visual Perception, Quantity of Information Function and Quantity of Information in a Continuous Spline*. *science vis.* 8 , 168–178.
- Zukin, S. (1993). *Güç manzaraları: Detroit'ten Disney World'e . Kaliforniya Üniversitesi Yayınları*.