

MÜHENDİSLİK ALANINDA TEORİK VE UYGULAMALI ÇALIŞMALAR II

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Fatma KUNCAN

Doç. Dr. Mehmet Recep MİNAZ



MÜHENDİSLİK ALANINDA TEORİK VE UYGULAMALI ÇALIŞMALAR II

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Fatma KUNCAN¹

Doç. Dr. Mehmet Recep MİNAZ²

YAZARLAR

Doç. Dr. Sıtkı ÖZTÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Kaplan KAPLAN

Babajan MUHAMMETNAZAROV

Bahar ÇİFTÇİ

Beyda AMCALAR

Burak YILDIRIM

Kusay ALYASİN

Mahmut DURMAZ

Oğuzhan AKYOL

Sedat KARABAY

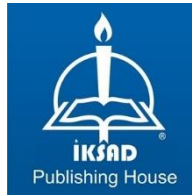
Sefa AKÇAY

Şule SOLAK

Muharrem ÇELEBİ

M. Said BAYRAKLILAR

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14000516>



¹ (ORCID: 0000-0003-0712-6426)

² (ORCID: 0000-0001-8046-6465)

Copyright © 2024 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed
or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or
mechanical methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial
uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and
Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules. The
first degree responsibility of the works in the book belongs to the authors.
Iksad Publications – 2024©

ISBN: 978-625-367-896-8

Cover Design: İbrahim KAYA
October/ 2024
Ankara / Türkiye
Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

BİNA TEMELLERİNDE GÜNCEL SU VE NEM YALITIM TEKNİKLERİNİN İNCELENMESİ

Mahmut DURMAZ

Beyda AMCALAR.....3

BÖLÜM 2

ZEMİNE OTURAN DÖŞEMEDE ISI YALITIMI VE YENİ TEKNİKLERİN İNCELEMESİ

Mahmut DURMAZ

Kusay ALYASİN

Babajan MUHAMMETNAZAROV.....27

BÖLÜM 3

AKILLI SERA TASARIMI VE ÜRETİMİ

Şule SOLAK

Oğuzhan AKYOL

Sefa AKÇAY

Burak YILDIRIM.....45

BÖLÜM 4

BEYİN TÜMÖRÜ SINIFLANDIRMASI İÇİN DERİN ÖĞRENME UYGULAMALARI

Bahar ÇİFTÇİ.....83

BÖLÜM 5

EEG-TABANLI DUYGU TANIMA YAKLAŞIMLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Muharrem ÇELEBİ

Doç. Dr. Sıtkı ÖZTÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Kaplan KAPLAN.....105

BÖLÜM 6
ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ İMALAT SANAYİNDE
KULLANIMI

M. Said BAYRAKLILAR

Sedat KARABAY.....129

ÖNSÖZ

Son zamanlarda mühendislik alanındaki yapılan hem TEORİK hem de UYGULAMALI çalışmaların ne kadar önemli ve elzem olduğu günden güne daha belirgin olarak fark edilmektedir. Mühendislik alanındaki çalışmalara başta sanayi uygulamaları, savunma sanayi uygulamaları, otomotiv uygulamaları, üretim uygulamaları, askeri alandaki uygulamalar, medikal tıp alanındaki uygulamalar vb. birçok farklı alandaki farklı uygulamaların bir arada kullanıldığını ve ortak çalışmalar yapıldığını yaygın olarak görülmektedir. Son yıllarda hem ülkeler hem de insanlar tarafından Mühendislik alanındaki hem TEORİK hem de UYGULAMALI çalışmaların daha da yaygınlaşacağı ve önem kazanacağı düşünülmektedir.

Kitabın birinci bölümünde, bina temellerinde güncel su ve nem yalıtım tekniklerinin incelenmesi üzerine yapılan bir çalışmadır. Bu çalışmada temellerde su yalıtım teknikleri irdelenmiştir. Temellerde su izolasyonun önemini gösteren en büyük faktör; yalıtımsız elemanlar ve kalitesiz malzemeyle yapılan izolasyonlar sonucunda donatılarda oluşan korozyon problemi olduğu belirtilmiştir. Yapı elemanlarının taşıyıcılığını kısmen kaybetmesine yol açan korozyon sorunu, yalıtım uygulamasını gerektirdiği ifade edilmiştir.

Kitabın ikinci bölümünde, zemine oturan döşemede ısı yalıtımı ve yeni tekniklerin incelemesi üzerine yapılan bir çalışmadır. Bu çalışmada, zeminlerde ısı yalıtımı sadece enerji maliyetlerini azaltmakla kalmıyor, aynı zamanda iç mekan konforunu da artırarak sürdürülebilir bir yaşam ortamı yarattığı ifade edilmiştir. Bu nedenle bina sahipleri ve tasarımcılar, yalıtımın çevre dostu ve uygun maliyetli bina tasarımlarına katkı sağlama potansiyelini değerlendirmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Kitabın üçüncü bölümünde, akıllı sera tasarımı ve üretimi üzerine yapılan bir çalışmadır. Bu çalışmada gerçekleştirilen akıllı sera tasarımı ve otomatik kontrol sistemleri ile modellenen prototipte geleneksel yöntemle üretilen bitkilere kıyasla verimli yetişmesi için uygun ortam sunması hedeflenmektedir. Uzaktan erişim sayesinde üretici, serada bulunan sensör verilerin sonucuna göre olumsuz bir durum olduğunu gözlemeyerek müdahale edebileceği belirtilmiştir. Modern teknolojiyle entegre edilen akıllı sera modeli, tarımsal faaliyetlerde daha etkili ve kontrol edilebilir bir çözüm sunabilmektedir olması amaçlanmıştır.

Kitabın dördüncü bölümünde, beyin tümörü sınıflandırması için derin öğrenme uygulamaları üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, beyin tümörlerinin tespiti ve sınıflandırılmasında kullanılan veri setlerini ve derin öğrenme tekniklerinin etkinliğini, literatürdeki araştırmalar çerçevesinde kapsamlı bir şekilde değerlendirildiği ifade edilmiştir. Beyin tümörleri, merkezi sinir sisteminin en ciddi hastalıklarından biridir ve erken, doğru tanı konulması, uygun tedavi planlarının yapılması ve hastaların yaşam süresinin uzatılması açısından kritik bir öneme sahip olması sebebiyle faydalı bir çalışma olduğu düşünülmektedir.

Kitabın beşinci bölümünde, EEG tabanlı duyu tanıma yaklaşımlarının karşılaştırmalı analizi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada EEG tabanlı duyu tanıma çalışmalarında, hem sinyal işleme hem de derin öğrenme yaklaşımları kullanıldığı ifade edilmiştir. Çalışmanın hem medikal hem de yapay zekâ çalışmaları ile bir bütün olarak düşünüldüğünde faydalı bir çalışma olduğu düşünülmektedir.

Kitabın altıncı ve son bölümünde, Alüminyum alaşımlarının imalat sanayiinde kullanımı üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Alüminyum alaşımlarının detaylı olarak özellikleri incelendiği ifade edilmiştir. Bunun yanı sıra avantajları ve dezavantajlarından ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Bunlara ek olarak farklı tip Alüminyum alaşımlarının çeşitleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bu çalışmada Alüminyum alaşımlarının genel özelliklerinin verilerek kullanım alanları ve yapılan çalışmalardan teorik olarak bahsedildiğine değinilmiştir.

Bu kitabın hazırlanmasında emeği geçen herkese çok teşekkür eder, faydalı bir çalışma olmasını temenni ederiz.

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Fatma KUNCAN

Doç. Dr. Mehmet Recep MİNAZ

BÖLÜM 1

BİNA TEMELLERİNDE GÜNCEL SU VE NEM YALITIM TEKNİKLERİNİN İNCELENMESİ

Mahmut DURMAZ¹
Beyda AMCALAR²

¹ Siirt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Siirt, Türkiye, mahmutdurmaz@siirt.edu.tr, (0000-0002-6060-4258)

² Siirt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Siirt, Türkiye, beydaamcalar@gmail.com, (0009-0006-0607-4416)

1. GİRİŞ

İnsanlar ilk çağdan bu yana atmosferik şartlardan korunmak istemişlerdir. İlk insanlar dış etkilere karşı korunmak için mağaraları kullanmışlardır. Suyun doğa olaylarından kaynaklanan olumsuz etkilerini önlemek için mağaralar ve ardından ilk çadırlar kullanılmıştır. Böylece havanın olumsuz etkilerinden korunulmuştur. Su yalıtımının ilk uygulamaları yağmur suyundan korunma isteği sonucu meydana gelmiştir (Yaşar, 2019).

Suyun yokluğu kadar kontrolsüz su etkilerinin varlığından kaynaklanan problemler de suyun yaşam döngüsünde yer almaktadır. Yapı ölçeğinde suyun meydana getirebileceği problemler, yapılarda iç mekan konfor şartlarından can ve mal kayıplarına dek uzanan sonuçlara neden olabilmektedir. Oluşabilecek problemlerin çözümü için hem kent hem de yapı ölçeğinde su kontrolü önlemleri alınmalıdır (Karaşahin & Tekin, 2020).

Yapılar; yağışlar, sızıntı suları, ıslak hacimlerdeki kullanılan su (banyo, wc vb.), zemindeki yer altı suları ve yapı içinden gelen su buharının yoğunlaşması sebepleriyle suyla karşı karşıya kalır (Şekil 1). Suyun yapıyı tehdit etmesi önlenemez fakat yapı elemanlarına suyun girmesi engellenebilir (Şahinoğlu, 2017).



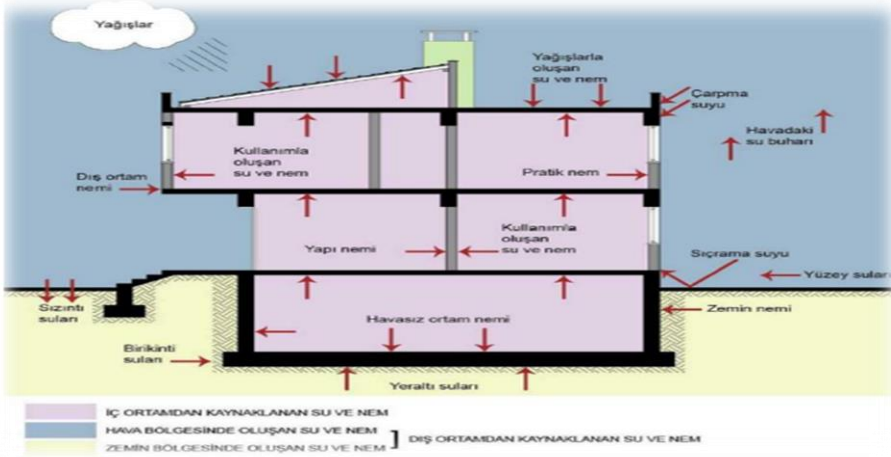
Şekil 1. Yağışların yapı cephesine etkisi (Dere, 2011)

Binanın toprakla temas eden bölümlerine sızan sular, taşıyıcıdaki donatılarda korozyona sebep olmakta ve yük taşıma kapasitesini azaltmaktadır (Şekil 2). Bu sebeple binalarda en ufak bir yer hareketinde çatlaklar ve kırılmalar meydana gelmektedir (Baysu, 2020).



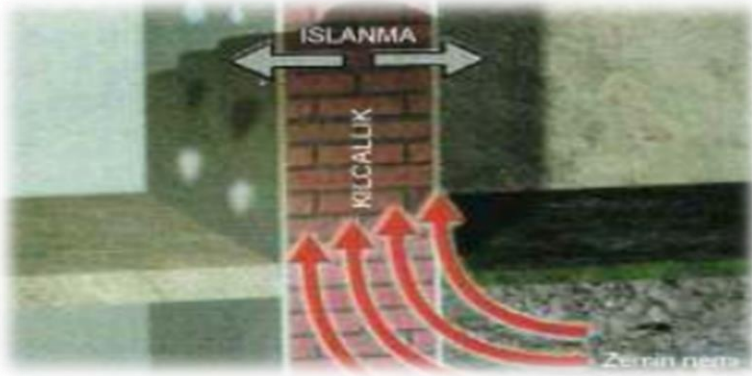
Şekil 2. Donatılarda korozyon etkisi (Şahinoğlu, 2017)

Su yeryüzünde katı, sıvı ve gaz olarak üç halde bulunmaktadır ancak yapıyı en çok suyun gaz (su buharı) ve sıvı hali etkiler. Suyun yapılara etkileyen bu halleri; Şekil 3'te de şematize edildiği gibi zemin nemi, havanın nemi, zemin suyu, yağış suları, yüzeyde bulunan birikme suları gibi birçok kaynaktan meydana gelmektedir (Bilgin, 2018).



Şekil 3. Yapıya etkileyen sular (Mayuk, 2020)

Atmosfer su buharıyla doymun hale geldiğinde yoğunlaşarak farklı maddelere taşıyamayacağı su buharı bırakır. Hava içerisindeki bu su buharı nem olarak adlandırılır. Nem yapının içini ve dışını etkilemektedir (Şekil 4) (Dalkıran, 2008).



Şekil 4. Zemin neminin binaya etkisi (Sözer, 2005)

Binada bulunan nem, sürekli nem ve bina nemi olarak ikiye ayrılır. Sürekli nem; bina konumundaki coğrafi koşullara bağlıdır. Bina nemi ise binanın uygulanmasında yapı malzemelerine eklenen suyun zamanla buharlaşıp yok olduğu nemdir (Dere, 2011).

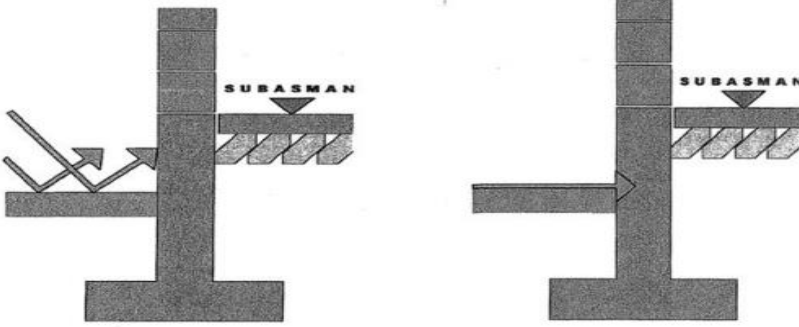
Yapıyı etkileyen suları ikiye ayırabiliriz. Bunlar; toprak (zemin) seviyesinin altı sular ve toprak (zemin) seviyesi üstü sulardır. Toprak altı suları, yer altı suları ve zemin altı sızma suları olarak gruplandırabiliriz. Toprak üstü suları ise yağış suları, sıçrama suları, göl, deniz gibi sular ve kullanma suları olarak gruplandırabiliriz (Karaşahin, 2018).

Zeminle temas halinde bulunan yapının toprak altındaki kısımları yer altı sularıyla etkileşim halindedir. Beton malzemelerin yüzeyinde su ve nem etkisiyle şekil 5'teki gibi kir, küf, mantar oluşabilir. Toprakta var olan sülfat gibi iyonlar, suyla birlikte betonun içerisine yerleşerek kimyasal bozulmalar oluşturabilir (Özdemir & Altan, 2023).



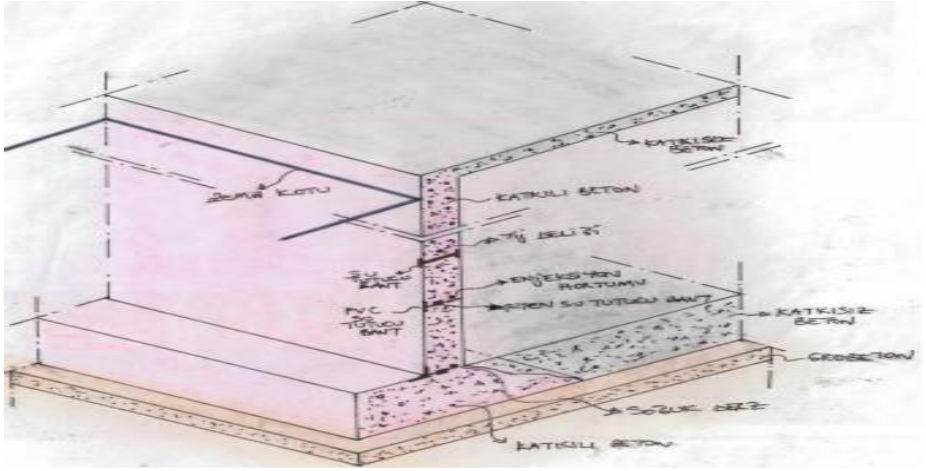
Şekil 5. Zemin suyunun bodrum duvarlarında neden olduğu hasarlar (Üstündağ, 2016)

Yağmur ve kar şeklindeki yağışlar düz çatılardan, teraslardan ve düşey yüzeylerden yer çekiminin etkisiyle aşağıya doğru akmaktadır (Şekil 6). Binaların yer aldığı bölgenin yağış oranı, suyun binalara etkisinde önemli bir faktördür. Ayrıca binalarda, duvarları ve zemini kullanım suyuna maruz kalan çamaşırlık ve duş odaları gibi ıslak alanlar da bulunmaktadır (Etik, 2010).



Şekil 6. Zemine oturan döşemelerde sızma ve birikme sularının etkisi (Şahinoğlu, 2017).

Yapılarda su ve nemin hangi şiddetle etki ederse etsin yapı kabuğuna tesir ederek yapı elemanlarında hasara neden olmaması için yapılan işlemlere su yalıtımı denir. Yalıtımda ana unsur doğru malzeme, doğru detay ve doğru uygulamadır (Akyol, 2008). Türkiye’de 2018 yılında yürürlüğe giren “Su Yalıtımı Yönetmeliği” bulunmaktadır. Bu yönetmelik yeni binalarda su yalıtımı uygulanmasını zorunlu kılmaktadır (Mayuk, 2020). Su yalıtımında kullanılan malzemeler farklılık göstermektedir. Su yalıtım malzemeleri fonksiyonlarına göre yüzeysel ve yapısal su yalıtım malzemeleri olarak sınıflandırılmaktadır (Yıldırım, 2021). Yapısal su yalıtımı (Şekil 7), beton elemanların imalatı sırasında istenilen özellikleri kazandırmak ve su geçirimsizliği oluşturmak için toz veya sıvı formdaki yapı kimyasallarını katkı maddesi olarak kullanarak yapılardaki suyun etkilerini azaltan uygulamalardır (Özer, 2019).



Şekil 7. Yapısal su yalıtımı detayı (Karaşahin, 2018).

Su/çimento oranını düşürerek betondaki kılcal boşluğu azaltan ve betondaki kapiler boşluğu tıkayan beton katkıları ve derz malzemeleri bu grupta yer almaktadır (İzoder, 2013). Kimyasal katkıları; su geçirimsizlik, su tutucu, priz geciktirici, priz hızlandırıcı, akışkanlaştırıcı, süper akışkanlaştırıcı, hava sürükleyici şeklinde sınıflandırılabilir (Uygunoğlu, 2012). Yapı kimyasallarıyla su yalıtımı, rijit bir halde olan yapıyı meydana getirmektedir. Rijit bir beton elemanında en büyük problemlerden biri çatlamlardır. Bu çatlamlar sonucunda beton su geçirgen hale gelmektedir. Bu sebeple tamir edilebilen yüzeyler dışında elastik su yalıtım uygulamalarıyla birlikte yapı kimyasalları kullanılmalıdır (Söylemez vd., 2016).

Lastik su tutucu bantlar, iç yüzeydeki suyun inşaat derzlerinden geçişini engellemek için kullanılmaktadır (Şekil 8). Bu bantlar suyu durdurma prensibiyle çalışmaktadır. Uygulaması kolaydır ve düşük işçilik maliyeti gerektirir (Naimi & Özdemir, 2020).



Şekil 8. Temel dilatasyonunda su tutucu bant uygulaması (Altaş, 2018)

Yüzeysel su yalıtımı, dış ortam ile bina kabuğu arasında su geçirimsiz bir katman oluşturulması işlemidir. Bu işlem için özel su yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır (Şen, 2006). Yüzeysel su yalıtımında kullanılan su yalıtım malzemeleri 3 grupta incelenir; sürme tip su yalıtım malzemeleri, bitüm esaslı su yalıtım membranları, plastik ve kauçuk esaslı sentetik su yalıtım membranları (Üstündağ, 2016). Sızdırmazlık istenilen yüzeylere sürme tip su yalıtım malzemeleri uygulanarak yüzeylerde eksiksiz, sürekli ve geçirimsiz bir tabaka meydana getirilmektedir (Şekil 9) (Şahinoğlu, 2017).

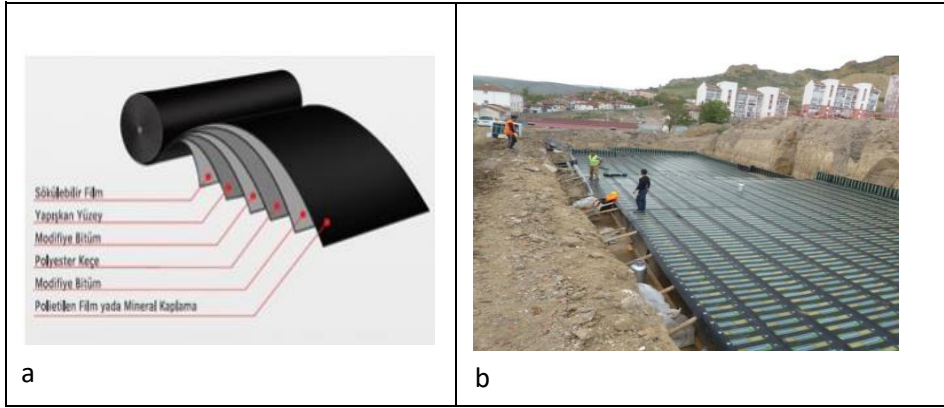
Sürme tip su yalıtımlı bir malzemeyi bir yüzeye uygularken dikkat edilmesi gerekenler; gerekirse astarlama, yüzey düzlüğü, yüzey tamiri ve temizliği, dış sıcaklık, su yalıtım malzemesinin tüm alana malzeme cinsine uygun kalınlıkta homojen olarak uygulanmasıdır (Turanlı, 2023).



Şekil 9. Sürme tip yalıtım (Kısa, 2015)

Bitüm; sıvı, yarı sıvı ve katı formlarda bulunabilen basit bir şekilde siyah yüksek moleküler ağırlıklı bir malzemedir. Doğal olarak oluşan bitümün

yanı sıra kömürden elde edilen katran ve zift ile petrolden elde edilen asfalt çimentosu su yalıtımı için kullanılabilir (Şahinoğlu, 2017). Bitüm esaslı yalıtım malzemeleri, tek veya iki bileşenli tiptedir. Bu malzemelerde bitüm, her zaman bir bileşende yer almalıdır. Kullanıma hazır tek bileşenli tipleri de mevcuttur. İki bileşenli tiplerde ikinci bileşen priz hızlandırıcı ve sertleştiricidir (Üstündağ, 2016). Bitümlü örtülerin kullanım amacına uygun 2-3-4 mm kalınlığında türleri bulunmaktadır (Şekil 10). Bitümlü membranlarda basınçlı su durumuna göre çift kat uygulama yapılabilir. Membranlar, birbirlerine ek yerlerden bindirilip yüksek ateşte yapıştırılır (Karaşahin,2018).



Şekil 10. a) Bitümlü membran b) Temelde bitümlü membran uygulaması (Altaş, 2018)

Bitümlü örtü uygulamaları, genellikle +5°C ve üzerindeki sıcaklıklarda kuru yüzeylere uygulanmalıdır. Su yalıtımı uygulanacak yüzeyler, düzgün olmalı ve su yalıtımına zarar verebilecek kirlerden arındırılmış olmalıdır (İzoder, 2013). Plastik veya kauçuk esaslı su yalıtım membranları, standartlarda belirlenen kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip kauçuk veya plastik hammaddelerden üretilmektedir. (Şekil 11) 1.2 – 2 mm kalınlığındadırlar. Bu membranlar tek kat şeklinde uygulanmaktadır (Bilgin, 2018). Yalıtım membranlarının kullanılacağı beton zeminlerin tesviyesi düzgün bir şekilde yapılmalı ve membranların zarar görmesi önlenmelidir. Plastik yalıtım membranları için yapı elemanlarındaki köşe, süzgeç boru geçişleri vb. bağlantı noktalarına özel yardımcı malzemeler bulunmaktadır (Şahinoğlu, 2017).



Şekil 11. Plastik esaslı örtüler (Üstündağ, 2016)

2. MATERYAL VE METOT

Bu derleme makale de temelde yeni malzemeler ile yalıtım tekniklerini açıklamak amaçlanmıştır. Sürme tipi izolasyon malzemeleri, bitüm ve plastik izolasyon membranları incelenmiştir. Bitümlü örtülerin olumlu ve olumsuz özellikleri tablo 1’de, plastik esaslı örtülerin olumlu ve olumsuz özellikleri ise tablo 2’de gösterilmiştir. Tablo 3’te ise uygulanabilecek beş farklı toprak altı su izolasyon malzemesi karşılaştırılmıştır. Malzemelerin temellerde, toprak altlarında ve yüksek su basıncında kullanımı incelenmiştir. Zemin rutubetine karşı yalıtım, basınçlı suya karşı yalıtım ve basınçsız suya karşı yalıtım konu başlıklarına göre temelde su yalıtım tekniklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Yalıtım tekniklerindeki eksiklikler incelenmiş ve bu eksikliklerin giderilmesi için önerilerde bulunulmuştur. Derleme kapsamında gerçekleştirilen çalışma, bir literatür çalışmasıdır. ‘Su yalıtımı’, ‘yeraltı suyu’ ve ‘temel ve bodrum yalıtımı’ gibi terimlerle ilgili literatürdeki çalışmalar gözden geçirilmiştir.

Tablo 1. Bitümlü örtülerin olumlu ve olumsuz özellikleri (Şimşek, 2005)

Olumlu Özellikleri	Olumsuz Özellikleri
Pozitif ve negatif taraftan uygulanırlar.	Koruyucu bir katman gerektirir.
Elastik kabiliyeti orta düzeydedir.	Birleşim yerleri kritik noktalardır.
Basınçlı suya karşı etkin bir yalıtım sağlar.	Basınçlı su etkisinde, negatif yalıtımda çok iyi sonuç vermezler.
Uygulanması ve uygulama kalınlığının kontrolü kolaydır.	Düşey uygulama diğerlerine göre daha zordur.
Kimyasallara ve neme karşı yüksek direnç sağlarlar.	Boru vb elemanlarının yapıyı delip geçtiği noktaların yalıtımında zorluk çıkar.
Yapısındaki cam tülü, polyester gibi taşıyıcılar sayesinde yüksek çekme mukavemetine sahiptirler.	+4C ⁰ 'nin altında ve çok nemli havalarda uygulanamazlar.
Yüksek mekanik dayanıma sahiptir. Darbelere karşı dayanıklıdır.	Buhar kesici özelliğe sahiptir.
Tüm iklim koşullarında rahatlıkla uygulanırlar.	
Bina hareketlerine uyum sağlar.	
Hizmet ömürleri sürülerek uygulanan yalıtım sistemlerine göre daha uzundur.	
Yüksek ısıda erimez soğukta çatlamazlar.	
Her türlü yüzeye uygulanabilirler.	
Zehirli kimyasallar içermezler.	
Toprak üstü yalıtımlarda kullanılan örtülerin onarım kolay ve hızlıdır.	
Donma çözülme etkiye karşı dirençlidir.	

Tablo 2. Plastik esaslı örtülerin olumlu ve olumsuz özellikleri (Şahinoğlu, 2017)

OLUMLU ÖZELLİKLERİ	OLUMSUZ ÖZELLİKLERİ
Basınçlı sulara karşı etkili bir yalıtımdır.	Su buharı geçimliliğine karşı etkili değildirler.
Uygulanması hızlı ve kolaydır.	Ekonomik değildirler.
Kimyasal maddelere karşı dayanıklıdırlar.	
Buhar kesici özelliğe sahiptirler.	
Hafiftirler ve tek kat uygulanırlar.	
Yüksek ve düşük sıcaklıklara dayanıklıdırlar.	

Tablo 3. Toprakaltı Su Yalıtımında Kullanılan Malzemelerin Karşılaştırılması
(Karaşahin, 2018)

	BİTÜM ESASLI MEMBRAN	SENTETİK ESASLI MEMBRAN	BETON ÖNCESİ MEMBRAN	SÜRME TİP SU YALITIMI	YAPISAL SU YALITIMI
TEMELLERDE KULLANIM	Temellerde kullanılabilir.	Temellerde kullanılabilir. .	Temellerde kullanılabilir.	Yer altı su seviyesi yüksek yerlerde kullanılamaz.	Temellerde kullanılabilir.
TOPRAK ALTI KULLANIM	Toprak altı uygun tipleri kullanılabilir.	Toprak altlarında kullanılabilir. .	Toprak altlarında kullanılabilir.	Toprak altlarında kullanılabilir.	Toprak altlarında kullanılabilir.
YÜKSEK SU BASINCINDA KULLANIM	Yüksek su basıncında kısmen kullanılabilir.	Yüksek su basıncında kısmen kullanılabilir. .	Yüksek su basıncında kullanılabilir.	Yüksek su basıncına sahip yerlerde düşeyde kullanılabilir.	Yüksek su basıncında kısmen kullanılabilir.

3. TEMELLERDE VE BODRUM PERDELERİNDE SU İZOLASYONU

Temellerde ve bodrum perdelerinde su yalıtımı sadece yapıyı sudan korumak için değil aynı zamanda yeraltı suyuyla birlikte yapıya yükselebilecek topraktaki kimyasallardan da yapıyı korumak amacıyla yapılmaktadır (Akyol, 2008). Binaların temelleri ve perde duvarları, su ve nemin neden olduğu korozyona karşı çok iyi korunması gereken kısımlardır (Şekil 12). Binanın tüm yükünü taşıyan ve zemin oturması sırasında en yüksek gerilmeye maruz kalan betonarme taşıyıcı elemanlar bu kısımda bulunmaktadır (Naimi & Özdemir, 2020). Temel yalıtımının en önemli özelliği hata kabul etmemesi ve telafisinin mümkün olmamasıdır. Bu nedenle yalıtım sisteminin seçiminin belli kriterlere göre yapılması gerekmektedir. Bunlar; temel türü, yeraltı suyu seviyesi, binanın araziye oturma şekli, drenaj imkânı, binanın konumu ve projenin bütçesidir (Üstündağ, 2016).

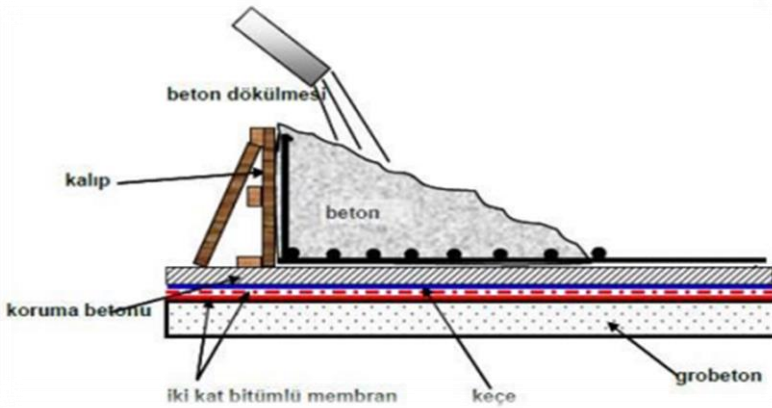


Şekil 12. Yan yüzeylerinde su bulunan temel örneği (Uygunoğlu, 2012)

Temelerde su yalıtımı 3 grupta incelenir; zemin rutubetine karşı yalıtım, basınçlı suya karşı yalıtım, basınçsız suya karşı yalıtım (Bilgin, 2018).

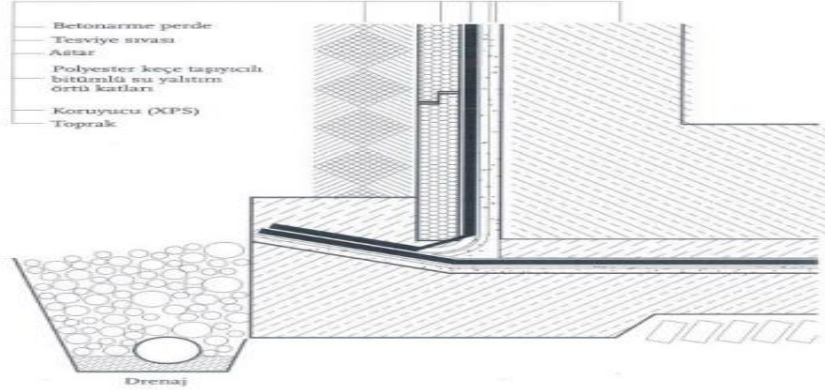
3.1 Zemin Rutubetine Karşı Yalıtım

Zemin rutubeti; zeminin cinsine bağlı olarak değişkenlik gösteren, kılcallık etkisiyle yapıları etkileyen sulardır. Zemin rutubeti; zemin parçacıklarına yapışan, zemin parçacıkları arasında köşelerde asılı kalan, zemin parçacıklarını ince bir film şeklinde saran ve yeraltı suyundan kılcal olarak emilen su olarak tanımlanabilir (Akyol,2008). Temel duvarlarına 3-4 mm kalınlığında bitümlü izolasyon tabakası uygulanarak zemin rutubetine karşı izolasyon sağlanabilir (Şekil 13). Beton, çimento esaslı su yalıtım malzemeleriyle de su geçirmez hale getirilebilir (İzoder, 2013).



Şekil 13. Temelde membran su yalıtımı örneği (Uygunoğlu, 2012)

Drenaj sistemi yapılarak da yalıtım uygulaması desteklenebilir (Şekil 14). Drenaj sistemiyle, temel etrafında toplanan suyun hızlı bir şekilde uzaklaştırılması sağlanmaktadır (Oymael, 2019). Su yalıtım malzemeleri suyun binaya girmesini önler; drenaj sistemleri ise yönlendirme elemanları tarafından toplanan suyun bina dışına atılmasını sağlamaktadır (Naimi & Özdemir, 2020).



Şekil 14. Temelde drenaj örneği (Şahinoğlu, 2017)

3.2 Basınçlı suya karşı yalıtım

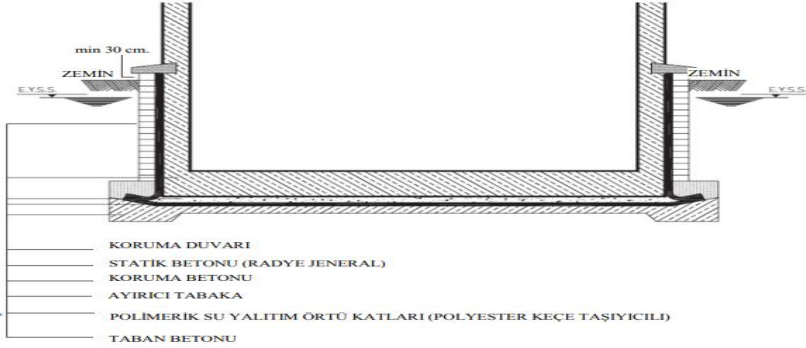
Yapı elemanlarına ve yalıtım malzemelerine devamlı olarak hidrostatik basınç uygulayan sular basınçlı su olarak adlandırılır (Şekil 15). Basınçlı suya bina hafriyatı sırasında oluşan sular örnek verilebilir (Sözer, 2005).



Şekil 15. Basınçlı suların yapıya etkisi (Bilgin, 2018)

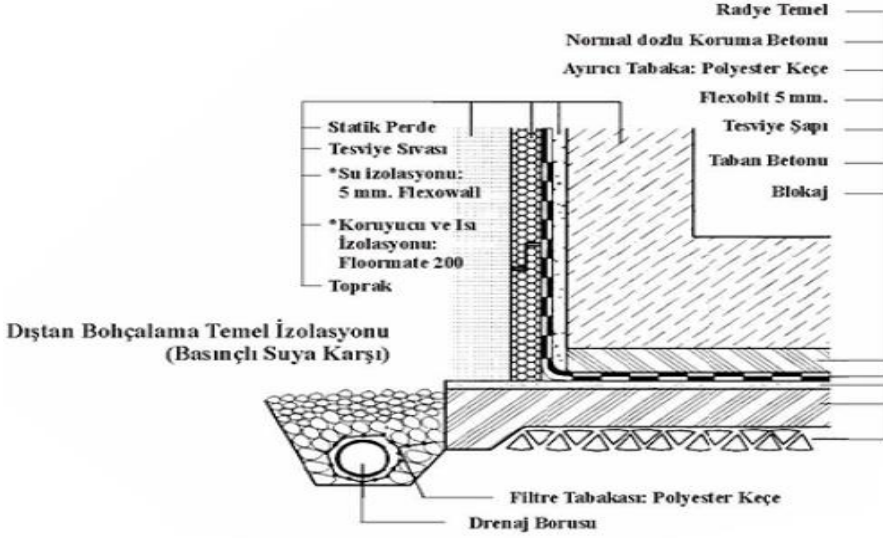
Basınçlı yeraltı suyunu izole etmek için iki sistem vardır. Bu sistemler şunlardır: Yapının ayırık veya bitişik nizam olmasına ve arazinin yapısına bağlı olarak dıştan ve içten bohçalama (Kısa, 2015). Bohçalamanın gerekli olduğu temelerde yalıtım; ayırık nizam binalarda hafriyatın şevli yapılabildiği durumlarda dıştan bohçalama, bitişik nizam binalarda ise şevli hafriyatın

yapılamadığı durumlarda içten bohçalama yöntemiyle uygulanmaktadır (Ekinci & Yıldırım, 2004). Dış bohçalama, yapıda yalıtılacak yüzeylerin dıştan sızdırmaz hale getirilmesinden sonra yapı elemanlarına uygulanan bir yalıtım şeklidir (Şekil 16). Yalıtımı korumak ve yalıtımın sürekliliğini sağlamak amacıyla düşeyde koruma betonu, yatayda ise taban betonu (grobeton) yapılmalıdır (Şahinoğlu, 2017).



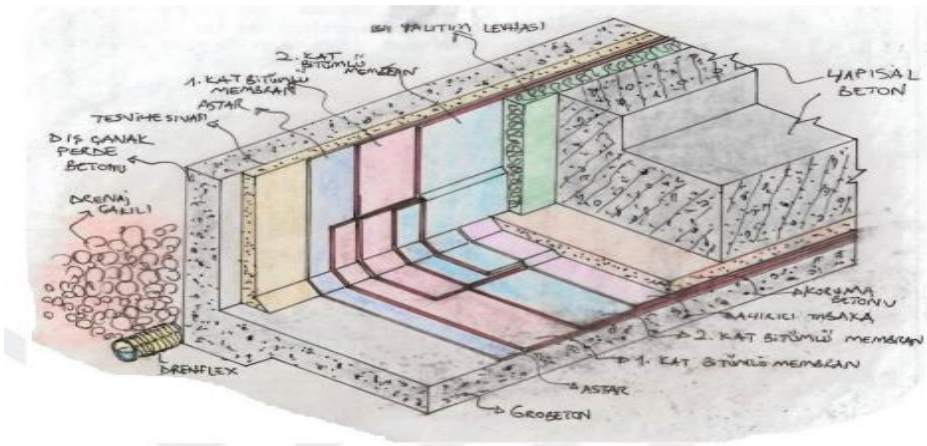
Şekil 16. Basınçlı suya karşı temelde uygulanan yalıtım detayı (Bilgin, 2018)

Yalıtım uygulamasında dayanımlı bir taban betonu dökülmeli, beton yüzeyinin pürüzsüz bir yüzey olması için ince agrega kullanılmalı ve beton yüzeyi mala ile perdahlanmalıdır. Tabana dökülen betonun, zeminden gelen suyun içerisine nüfus ederek yalıtım malzemesine etki etmesini önlemek için geçirimsiz olmasına dikkat edilmelidir (Turanlı, 2023). Dıştan bohçalamada zeminin tamamen kurumasını sağlamak için yeraltı suyu temel tabanının altına indirilir. Taban betonu, temel perdesi sınırından en az 60 cm taşacak ve içe doğru eğimli olacak şekilde hazırlanır. Polimer bitümlü membranlar, plastik/kauçuk sentetik membranlar veya sürme su yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır (Şekil 17) (Üstündağ, 2016).



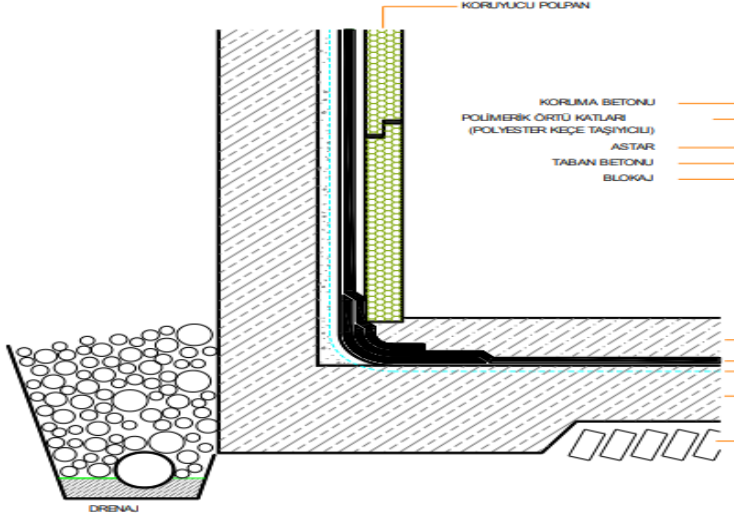
Şekil 17. Basınçlı suya karşı dıştan bohçalama ve drenaj uygulaması (Akyol, 2008)

İçeriden bohçalama uygulaması, yapının temel perdeleri dış tarafından çalışma yapılabilecek şev açıklığının olmadığı veya bitişik nizam yapılarda tercih edilen bir sistemdir. Bu sistemde temel ilke bir dış çanak oluşturularak iç çanağın iç yüzüne düşey ve yatay doğrultuda tek seferde yalıtım yapılması ve yapının oluşturulan bu çanak içine oturtulması şeklindedir (Şekil 18) (Turanlı, 2023).



Şekil 18. Bitümlü membran ile içten su yalıtımı (Karaşahin, 2018)

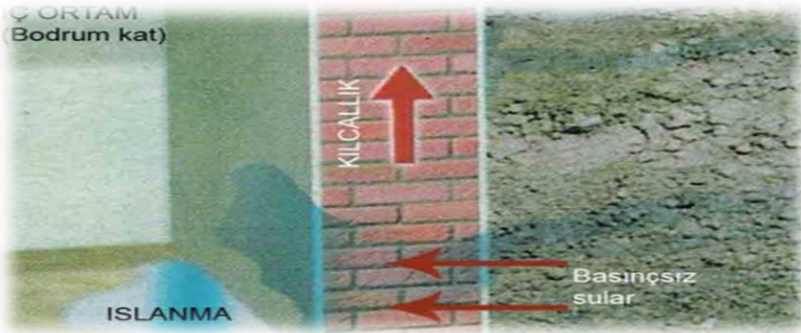
İki kat polyester keçe taşıyıcılı polimer bitümlü örtü, dış çanak içerisine yatay ve dikey olarak yerleştirilerek her iki düzlemdeki yalıtım katmanları korunur. Son olarak binanın taşıyıcı sistemi (radye temel ve perde duvarlar ile iç çanak) tamamlanır (Şekil 19). (Şahinoğlu, 2017)



Şekil 19. İçten bohçalama ve drenaj uygulaması (Üstündağ, 2016)

3.3 Basıncsız suya karşı yalıtım

Basıncsız sular; basınç uygulamayan, damlayıp akabilen, yağış, sızıntı ve kullanma sularını kapsamaktadır (Şekil 20). Bu tür sulara karşı yalıtımda en önemli unsur, bohçalama yöntemiyle yalıtımın sürekliliğini sağlamaktır (Bilgin, 2018).



Şekil 20. Basıncsız suların yapıya etkisi (Mayuk, 2020)

Basıncsız su izolasyonu yapılırken yalıtımın, korunacak bina yüzeylerini tamamen kaplamasına ve basıncsız suların içeri sızmasını engellemesine dikkat edilmelidir (İzoder, 2013). Basıncsız su sızmasına karşı kullanılacak malzeme seçimi elbette rutubete karşı izolasyonda kullanılan malzemelerden daha güçlü olmalıdır. Bu izolasyonlarda kullanılacak malzemelerin daha çok örtü tipi olması gerekmektedir (Şahinoğlu, 2017). Bitümlü sürme yalıtım malzemeleri zemin nemine ve basıncsız suya karşı yalıtım sağlamak amacıyla kullanılır. Bitümlü sürme yalıtım malzemelerinin yanı sıra polimer bitümlü kaplamalar da kullanılabilir (Turanlı, 2023).

Sızma suya karşı yapılacak yalıtımda en az iki kat izolasyon kullanılmalıdır. Bu katman sayısı hafif örtüler için geçerlidir. Ağır örtülerin olması durumunda bu örtülerin tek kat olarak kullanılması ve hafif bir örtü ile güçlendirilmesi gerekmektedir (Ekinci & Yıldırım, 2004). Basıncsız su ve toprak nemine karşı uygulanacak su yalıtım uygulama prensipleri basınçlı suyun yalıtılması ile aynı olmakla beraber içten veya dıştan biçiminde yapılabilir (Bilgin, 2018).

4. Bina Temelinde Toprak Altı Su Yalıtımı İle İlgili Faydalı Bulgular

Su ve nemin yapı elemanlarında hasara neden olmaması için yapılan işlemler, su yalıtımı olarak tanımlanır. Yalıtımda ana unsur doğru malzeme, doğru detay ve doğru uygulamadır (Akyol, 2008). Su yalıtım malzemeleri farklılık göstermektedir. Bu malzemeler, fonksiyonlarına göre yüzeysel ve yapısal su yalıtım malzemeleri olarak incelenir (Kartal & Üstündağ, 2016). Yapısal su yalıtımı, su geçirimsizliği sağlamak amacıyla yapı kimyasallarının katkı maddesi olarak kullanılarak binalara su girişini azaltan uygulamalardır (Uygunoğlu, 2012). Yüzeysel su yalıtımı, suyun bulunabileceği dış ortam ile bina kabuğu arasında su geçirmez bir tabaka oluşturulması işlemidir. Bu uygulamalarda su geçirmeyen özel su yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır (Şen, 2006). Temel ve bodrum perdelerinde izolasyon, yapıyı sudan korumak için yapılmaktadır. Toprakta var olan ve yeraltı sularıyla yapıya yükselen kimyasal maddelerden yapıyı korumak, yalıtımın bir diğer amacıdır (Akyol, 2008). Temel yalıtımında en kritik nokta sonradan telafisinin mümkün olmamasıdır. Bunun için izolasyon sistemi belirlenirken temel türü, yeraltı su seviyesi, yapının araziye oturma şekli gibi kriterlere dikkat edilmelidir

(Üstündağ, 2016). Temellerde su yalıtımı 3 grupta incelenir: Zemin rutubetine karşı yalıtım, basınçlı suya karşı yalıtım, basınçsız suya karşı yalıtım (Bilgin, 2018). Temel perde duvarına, tek kat olarak zemin nemine karşı 3-4 mm'lik polimer bitümlü izolasyon kaplaması uygulanabilir (İzoder, 2013). Basınçlı yeraltı suyunu izole etmek için iki sistem kullanılır. İçten veya dıştan bohçalama. Dıştan bohçalamada yeraltı suyu, temel taban seviyesinin altına indirilir ve zemin tamamen kurutulur (Kısa, 2015). İçeriden bohçalama sisteminde temel ilke, bir dış çanak oluşturarak iç çanağın iç yüzüne düşey ve yatay doğrultuda tek seferde yalıtım yapılması ve yapının oluşturulan bu çanak içine oturtulması şeklindedir (Turanlı, 2023). Basınçsız sızma sulara karşı kullanılacak malzemelerin, rutubete karşı izolasyonda kullanılan malzemelerden daha güçlü malzemeler olması gerekmektedir. Örtü tipi malzemeler gibi (Şahinoğlu, 2017). Araştırmadan edindiğim bilgilere göre su yalıtımı, gerekli standartlara uygun yapılmadığı takdirde birçok soruna yol açmaktadır. Düzgün uygulanan su yalıtımıyla yapılarda oluşabilecek birçok problemin önüne geçilebilir ve yapıların dayanıklı, uzun ömürlü olması sağlanabilir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılarda su yalıtımı uygulaması; binaların suyun etkilerinden korunması, malzeme bozulmalarının engellenmesi ve bina sakinlerinin sağlığına zarar gelmemesi gibi sebeplerden dolayı yapılması gerekli bir uygulamadır. Su yalıtımı, binalarda su yalıtımı yönetmeliğinin yürürlüğe girmesiyle zorunlu hale getirilmiştir. Binanın ön proje aşamasında yapıdaki yalıtım önlemlerine dair kararlar belirlenmelidir. Suyun binaya girme yolları ve bina üzerinde yaratabileceği etkiler belirlenmelidir. Ardından binanın su izolasyonunda kullanılacak yalıtım sistemlerine ve malzemelerine karar verilmelidir.

Bu çalışmada temellerde su yalıtım teknikleri irdelenmiştir. Temellerde su izolasyonun önemini gösteren en büyük faktör; yalıtımsız elemanlar ve kalitesiz malzemeyle yapılan izolasyonlar sonucunda donatılarda oluşan korozyon problemidir. Yapı elemanlarının taşıyıcılığını kısmen kaybetmesine yol açan korozyon sorunu, yalıtım uygulamasını gerektirir. Estetiğine değer verilen birçok binanın alt yapısı incelendiğinde uygulanmamış su yalıtımı görülür ve yapı bittikten sonra geri dönüşü olmayan bir hatayla karşı karşıya

kalınır. Kişinin önemini bilmeyerek affedebileceği uygulama hatalarını doğa affetmeyecektir.

Türkiye’de su izolasyon malzemeleri ve uygulamalarındaki eksiklikler şu şekilde sıralanabilir:

- Su izolasyonu için herhangi bir ürün standardı oluşturulmamış olması.
- Su izolasyonu için kullanılan malzemelerinin taşıyıcı sistemle bağlantısını irdeleyen bir standart bulunmaması.
- Deprem etkilerine maruz kalan bir ülke olarak gerekli yaptırımlar olmadığı için su yalıtımının gerekliliği konusunda yeterli düzeyde farkındalığın oluşmaması.

Türkiye’de su izolasyonu uygulamalarındaki eksikliklerin giderilebilmesi için öneriler şu şekilde sıralanabilir:

- İnşaatçıların, yalıtım şirketlerinin ve montajcıların malzemenin ve uygulamasının tüm ayrıntılarını anlayacak şekilde eğitilmesi gerekmektedir.
- Mevcut standartlar revize edilmeli, çağdaş yalıtım malzemeleriyle ilgili yeni standartlar oluşturulmalıdır.
- Binaların su yalıtımında kullanılan geçirimsiz yalıtım tabakasının dayanıklı olabilmesi için uygun detay ve malzemelerin seçilmesi ve uygulamanın eğitimli personel tarafından yapılması gerekmektedir.

Bahsedilen izolasyon önlemleri uygulandığında binalar suyun zararlı etkilerine karşı korunmuş olur. Bu sayede binalarda suyun yapıya ve bina sakinlerinin sağlığına zarar vermesini önleyen izolasyon tedbirleri alınmakta, tamir ve bakım maliyetlerinde önemli tasarruflar sağlanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akyol, K. (2008). Su yalıtımı ve su geçirimsizlik katkı oranlarının beton su emmesine ve basınç dayanımına etkilerinin araştırılması (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- Altaş, H. (2018). Su-nem yalıtımında teknolojik çözümler ve maliyet değerlendirmesi/Technological solutions and cost evaluation in water-moisture insulation.
- Baysu, E. (2020). *Betonarme Yapılarda Rijit Beton İçine Alternatif Yalıtım Şekilleri* (Doctoral dissertation).
- Bilgin, C. (2018). Yapılarda Su Yalıtımı Malzemesi Seçiminde Prensiplerin Araştırılması. Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi. Ankara, 110s.
- Dere, Z. (2011). Yapılarda su ve ısı yalıtımı uygulamaları ve bu uygulamaların yer altı ulaşım yapılarında irdelenmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ekinci, C. E., & Yıldırım, S. T. (2004). Betonarme Temel Ve Bodrum Perdelerinde Su-nem Yalıtımının Önemi. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 11-17.
- Etik, F. (2010). Yapılarda su izolasyonu ve uygulama teknikleri (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- Işık Ustaadağ, S. (2016). Su yalıtımının yapı maliyetindeki yeri ve uygulamasının önemi (Master's thesis, Trakya Üniversitesi).
- İZODER, (2013). İnşaat Teknolojisi, Su Yalıtımı, 37s.
- Karaşahin, Y. (2018). Toprak altı su etkilerine karşı korunumda su yalıtım sistemlerinin irdelenmesi (Master's thesis, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi).
- Karaşahin, Y., & Tekin, Ç. (2020). Toprakaltı Su Yalıtımında Beton Öncesi Sistemin Sorgulanması. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 5(2), 119-134.
- Kartal, S., & Üstündağ, S. I. (2016). Yapılarda su yalıtım uygulamalarının önemi ve maliyeti. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 7(3), 399-407.

- Kısa, H. (2015). *Diatomitin su yalıtım membranlarında dolgu malzemesi olarak kullanılmasıyla elde edilecek performans artışlarının analiz edilmesi* (Master's thesis, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Mayuk, S. G. (2020). Yeni yapılacak bina temellerinde gerekli su yalıtımı önlemlerinin belirlenmesi ve denetimine yönelik bir öneri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(3), 535-544.
- Meral, Y. (2008). *Ahşap iskelet yapı sisteminin ısı ve buhar geçişi açısından değerlendirilmesi* (Master's thesis).
- Naimi, S., & Özdemir, Z. (2020). Yapılarda yer altı suyuna karşı yapılan koruma sistemlerinin uygulanabilirliği ve güvenliğinin incelenmesi. *AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture*, 4(1), 113-133.
- Oymael, S. (2019). Suyun Yığma Yapı Malzemeleri ve Yapı Elemanlarına Etkisi. / *CIVILTECH 2019*, 65.
- Özdemir, H. ve Altan, MF (2023). Su geçirimsizlik sağlayan sıvı beton katkılarının incelenmesi. *TAS Dergisi*, 3 (1), 32-48.
- Özer, G. (2019). *Meşe mazısı atığının yapı stoğunda yalıtım malzemesi olarak araştırılması* (Master's thesis, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Söylemez, A. İ., Hattap, S., Doğan, D., Konuş, A., Ölker, Y. (2016). Tunceli İli Kanoğlu Mahallesiindeki Yapılarda Görülen Su – Nem Kaynaklı Hasarların Değerlendirilmesi.
- Sözer, N. (2005). *Türkiye’de İlgili Yönetmeliklere Uygun Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımı Çözümleri, Yalıtım Malzemeleri ve Bir Bina Projesi Üzerinde Uygulama Örneği* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Şahinoğlu, M. (2017). Su Yalıtımında Kullanılan Malzeme Çeşitleri Ve Temel Ve Bodrum Perdelerinde Su Yalıtımının Önemi. Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi.
- Şen, A. O. (2006). Binalarda uygulanan yalıtım sistemleri dünyada ve Türkiye’de yalıtım (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).

- Şimşek, Z. (2005). Yapı Yeraltı Kabuğunda Su ve Nem Sorunlarının Geçirimsiz Beton Malzeme ile Giderilmesinin Araştırılması (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).
- Turanlı, E. (2023). Su yalıtımı katkı malzemelerinin betonun dayanım ve durabilite özelliklerine etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Uygunoğlu, T. (2012). Su yalıtımcısı (seviye 3) ders notu.
- Yaşar, Ö. (2019). *Su Yalıtım Malzemesinin Doğal Puzolanlar ve Endüstriyel Atık Malzemeler Kullanılarak Geliştirilmesi* (Doctoral dissertation, Anadolu University (Turkey)).
- Yıldırım, G. Ş. (2021). *Bor katkılı koyun yünüünün yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması ve mevcut yalıtım malzemeleri ile karşılaştırılması* (Master's thesis, Konya Teknik Üniversitesi).

BÖLÜM 2

ZEMİNE OTURAN DÖŞEMEDE ISI YALITIMI VE YENİ TEKNİKLERİN İNCELEMESİ

Mahmut DURMAZ¹

Kusay ALYASİN²

Babajan MUHAMMETNAZAROV³

¹ Siirt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Siirt, Türkiye, mahmutdurmaz@siirt.edu.tr, (0000-0002-6060-4258)

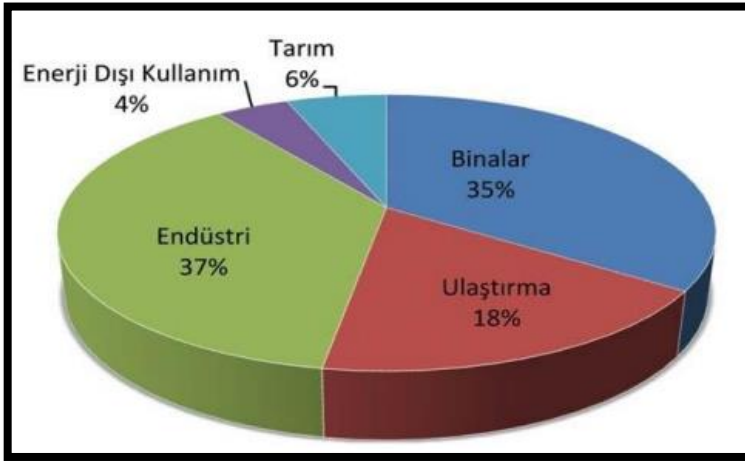
² Siirt Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık, Siirt, Türkiye, kusayalyasin963@gmail.com, (0009-0004-5097-4054)

³ Siirt Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık, Siirt, Türkiye, muhammetnazarovbabajan@gmail.com, (0009-0001-7271-1771)

1. GİRİŞ

Binalarda tüketilen enerjinin büyük bir kısmının ısıtma ve soğutma amacıyla kullanıldığı dikkate alındığında, ısı yalıtımının enerji tasarrufunda önemli bir rol oynadığı ortaya çıkıyor. Özellikle enerji tüketiminin gelişmiş ülkelere göre arttığı ülkemizde ısı yalıtımı daha da önem kazanmaktadır (Candan, 2007).

Enerji insan yaşamı için vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Nüfusun artması, sanayileşme ve kentleşme enerjiye olan talebi hızla artırmaktadır. Her geçen gün artan enerji ihtiyacı, buna paralel olarak enerji tüketimini de artırıyor (Bektaş, 2017).



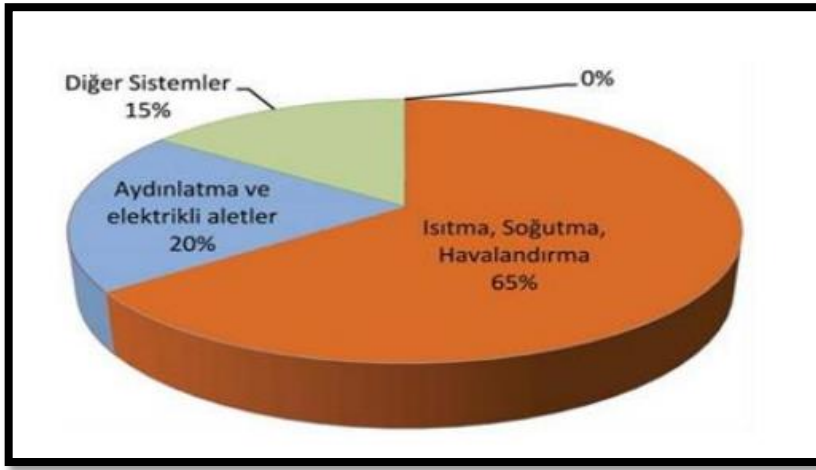
Şekil 1. Enerji Tüketim Oranları (Şimşek, 2019)

Artan dünya nüfusu ve üretim faaliyetleri enerji kaynaklarının hızla tükenmesine yol açmaktadır (Şekil 1). Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte inşaat sektöründe fonksiyonel ve estetik gereksinimlerin yanı sıra uzun ömürlü, yenilenebilir kaynaklara daha az bağımlı, daha konforlu ve sağlıklı yapıların tasarlanması da önem kazanmıştır. (Şimşek, 2019). Enerji verimliliği şu anda dünya çapında özellikle inşaat sektöründe önemli bir endişe kaynağıdır (Özenç, 2007).

Isı, yüksek sıcaklıktaki bir ortamdan düşük sıcaklıktaki bir ortama aktarılan bir enerji türüdür. Maksimum ısı akışı, akışın kolaylıkla kolaylaştırıldığı ve direncin en aza indirildiği yol boyunca meydana gelir. Bu, sıcaklığın yüksek olduğu bölgeden sıcaklığın düşük olduğu bölgeye doğru bir

sıcaklık gradyanı yaratır. Isı yalıtımı, sıcaklık gradyanı içindeki ısı akışını azaltır, böylece sıcaklık gradyanını korur. Başka bir deyişle ısı yalıtımı, iki farklı ortam arasında ısı alışverişinin önlenmesini ifade eder. Yalıtım genel olarak çevreye ısı kaybını önlemeye yarar (Akıncı, 2007).

Konutlarda en çok ısıtma, soğutma ve havalandırma için enerji harcanmaktadır (Şekil 2). Yalıtımın yapılmasını harcanan enerji miktarını azaltmaktadır çünkü mekanın ısı konforunu sağlamaktadır.



Şekil 2. Binalarda enerji tüketim dağılımı (Şimşek, 2019)

İster zemine oturan döşemeler, ister ara döşemeler, ister açık geçişlerdeki kaplamalar olsun, zemin kaplamalarında ısı yalıtımı önemli bir unsurdur. Isı yalıtım uygulamaları yaygın olarak alüminyum levhaların arasına yerleştirilen poliüretan dolgulardan oluşan kompozit paneller kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu paneller yüksek ısı yalıtım özelliğine sahip olup, hafif, kokusuz, dayanıklı, su ve nemi emebilen, yangına dayanıklı ve ısı iletkenlik katsayısı düşük olmalıdır. Isı yalıtımı binaların ısıtma veya soğutma amacıyla daha az enerji tüketmesine olanak tanıyarak hem çevre hem de bütçe tasarrufuna katkı sağlar (Akıncı, 2007). Özellikle zemin kaplamalarında hem ısı hem de ses yalıtımı sağlamak amacıyla EPS paneller kullanılabilir. Isı yalıtım malzemelerinin özellikleri üzerine yapılan araştırmalar, λ (ısı iletkenlik katsayısı) $> 0,065$ W/mK olduğunda "yapı malzemesi", $\lambda < 0,065$ W/mK olduğunda ise "ısı yalıtım malzemesi" olarak sınıflandırılmaktadır. Bu

özellikleri sayesinde ısı yalıtım malzemeleri performansın artırılmasında ve kullanıcı memnuniyetinin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır (Nazife, 2018).

Isı, bir sistem ile çevresi arasında yalnızca sıcaklık farkından dolayı akan bir enerji türüdür. Sıcaklık ise herhangi bir noktada ölçülebilir bir değerdir ve sıcaklık veya soğukluk hissini pozitif veya negatif büyüklük olarak belirler. Bu tanıma dayanarak:

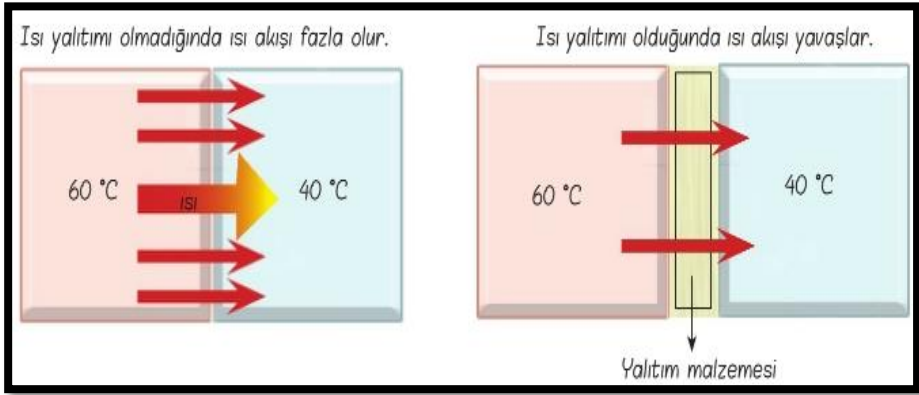
Kış aylarında konfor koşullarını korumaya çalıştığımız daha sıcak iç ortamlardan dış ortamlara doğru kaçınılmaz bir ısı transferi olmaktadır. Yaz aylarında daha sıcak olan dış ortamdan, konfor koşullarını sağlamayı hedeflediğimiz iç mekanlara doğru kaçınılmaz bir ısı transferi olmaktadır (Avlar, 2000).

Isı çeşitli yollarla elde edilebilir: Mekanik sürtünme ısı enerjisini açığa çıkarır. Kimyasal reaksiyondan elde edilen ısı; petrol, kömür veya odun gibi maddelerin yanması ısı enerjisi üretir. Elektrik enerjisinden elde edilen ısı ; elektrik akımı bir dirençten geçtiğinde ısı enerjisi üretir. Bir örnek elektrikli ısıtıcı olabilir. Radyasyon yoluyla elde edilen ısı; yer kabuğu güneş ışığını emerek ısınmanın başlamasına yol açar.

Atom enerjisinden elde edilen ısı; atomların parçalanmasıyla parçacıklar ve önemli miktarda enerji açığa çıkar (Tıkız, 2018).

Isı yalıtımı, binalarda iç ortam sıcaklıklarını istenilen seviyelerde tutmak, dış iklim koşullarına karşı ısıtma ve soğutma işlemlerinde enerji tasarrufu sağlamak, çevre sorunlarını gidermek ve hava kirliliğini en aza indirmek amacıyla alınan bir dizi önlemleri ifade eder.(Ögetürk, 2019). Isı yalıtımı, bir yapıyı dış etkenlerden koruyarak ömrünü uzatmaya ve yapı fiziği gereklerine uygunluğu nedeniyle işletme maliyetlerini düşürmeye hizmet eder. Enerji tasarrufu sağlamak, hava kirliliğini azaltmak, konforlu yaşam ortamları sağlamak ve ısı kayıplarından kaynaklanan olumsuz fiziksel sorunları önlemek için binalarda ısı yalıtımı uygulanması gerekmektedir (Şimşek, 2019). Yönetmelikler binalarda gerekli ısı kaybı seviyelerini belirlemiş ve bu seviyelere uyulması yasal bir zorunluluk olarak görülmüştür. Yapılarda kalın ve ağır malzemelerden hassas ve hafif malzemelere geçiş, sağladığı pek çok faydanın yanı sıra yapı fiziği ve ısı yalıtımı açısından da daha dikkatli olunması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır (Ögetürk, 2019). Yapının hem kış hem de yaz aylarında maruz kalacağı dış koşullara dayanabilmesi için binanın ısı yalıtımına

dikkat edilmelidir. Binayı ısı etkilerine karşı yalıtmanın amacı, zamanla yoğuşma, nem hasarı, küf oluşumu, bozulma, demir bileşenlerin korozyonu gibi yapısal hasarların oluşmasını önlemektir. Yani ısı yalıtımının amacı yapının bakım masraflarını sınırlandırmak, kışın ısıtmadan, yazın soğutmadan tasarruf ederek ailemize ve ülke ekonomimize katkıda bulunmaktadır (Şimşek, 2019). Bu nedenle ülke ekonomisi ile çevre arasındaki ilişkiyi ortaya koymak ve akılcı çözümlere ulaşmak için ısı yalıtımında ekonomi, fizik, kimya, makine, inşaat, mimarlık vb. disiplinlerin koordineli olarak çalışması gerekmektedir (Nazife, 2018). Yalıtımsız binalarda önemli miktarda israf yaşanıyor ve bu da ülke ekonomisine doğrudan zarar veriyor (Şimşek, 2019).



Şekil 3. Isı Yalıtımın çalışma mantığı (Aydın, 2010)

Binalarda ısı yalıtımı uygulamalarının yapılması, kullanılan enerji miktarını azaltarak enerji verimli binaların üretilmesini sağlayabilir (Şekil 2). Doğru ısı yalıtımı uygulamalarıyla tükettiğimiz enerji miktarı her yıl azalmaktadır. Isı yalıtımı binalarda ısı köprülerinin oluşmasını engeller. Isı yalıtımı yapılan konutlarda ısı eşit şekilde yayılarak yoğuşma ve hava akımları gibi istenmeyen durumların önüne geçilir, konforlu bir yaşam ortamı sağlanır. Isı yalıtımı yapılar da yaşam konforunu etkileyen nem ve küf oluşumunu engelleyerek sağlıklı bir yaşam konforu sağlar. Korozyon binalarda istenmeyen durumlardan biridir. Isı yalıtımı bina cephesini dış etkenlere karşı korur ve korozyonu önler. Isı yalıtımı sıcaklık farklılıklarından kaynaklanan deformasyonları ve çatlakları önleyebilir. Enerji tüketiminden kaynaklanan

SO₂, CO₂ partikülleri ve diğer emisyonlar önemli sorunlara yol açmaktadır. Isı yalıtımı ile bozulan binalarda estetik bir görünüm elde edilebilir (Tıkız, 2018).

Isı kayıplarının azaltılması, daha az enerji tüketimi ile konfor koşullarının sağlanması, ısınma maliyetlerinin düşürülmesi ve çevre kirliliğinin azaltılmasına yönelik tedbirlerin araştırılması amacıyla araştırmalar yapılmıştır (Şimşek, 2019).

2. METOT VE MATERYAL

Zeminde oturan döşemelerin ısı yalıtımı, enerji verimliliği ve konfor açısından önemli bir konudur. Bu makalede, mevcut ısı yalıtım tekniklerinin gözden geçirilmesi ve yeni gelişen tekniklerin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışma, literatür taraması ve deneysel çalışmaları içeren bir çoklu metot yaklaşımını benimsemektedir. Özellikle son 5 yılda yapılan makaleleri ve araştırmaları incelenmiştir.

2.1. ISI YALITIM MALZEMELERİ VE ÖZELLİKLERİ

Türk Standardı TS 825 ve Alman DIN standardı 4108'e göre mineral yün, ekstrüde polistiren, genleştirilmiş polistiren, cam yünü, polietilen, poliüretan, cam köpüğü, fenolik gibi ısı iletkenlik değeri (λ) 0,060 kcal/mhC'nin altında olan malzemeler. köpükler ısı yalıtım malzemeleri, bunun üzerinde değere sahip malzemeler ise yapı malzemeleri olarak sınıflandırılır (Aydın, 2010).

Isı yalıtım malzemeleri genellikle heterojen malzemelerin birleşiminden oluşan, ısı kayıp ve kazançlarını azaltacak ve minimum kalınlıkta yalıtım sağlayacak şekilde tasarlanan malzemelerdir. Bu ürünler yüksek ısı dirence sahiptir. Genel olarak bu ürünlerin yalıtım özellikleri ısı iletkenlik katsayılarına göre belirlenir. Isı iletkenlik katsayısı ne kadar düşük olursa ürünün yalıtım özelliği de o kadar iyi olur. Isıl iletkenlik katsayısını belirleyen en önemli faktör malzemelerin gözenekli yapısı ve gözenek sayısıdır. Ancak gözenek sayısının artması ısıl direnç değerini artırsa da basınç dayanımını azaltır (Şen, 2006). Bu nedenle ısı yalıtım malzemelerinden beklenen ısı iletkenlik değerinin düşük olmasının yanı sıra inşaatlarda kullanılmak üzere gerekli bir takım niteliklere de sahip olması gerekmektedir.

Tablo 1. Isı yalıtım malzemelerin özellikleri (Şen, 2006).

Fiziksel işlevsellik	-Yüksek ısı tutuculuk -Düşük birim ağırlık -Koşullara uygun buhar geçirimsizliği -Yeterli basınç dayanımı -Yeterli Çekme Dayanımı -Boyutsal kararlılık
Dayanıklılık	-Su ve neme dayanıklılık -Kimyasal etkilere dayanıklılık -Biyolojik etkilere dayanıklılık -Yüksek sıcaklığa dayanıklılık - Yangın Emniyeti -Çürümezlik -Uzun Ömürlülük
Ekolojik açıdan uygunluk	-Çevre ve ekosistem açısından zararsızlık -Sağlık açısından zararsızlık -Az enerji tüketimi -Bakım gerektirmezlik ve kullanım sonrası değerlendirilebilirlik
Uygulama kolaylığı	-Kolay işlenebilirlik -Üzerine uygun katmanların uygulanmasına olanaklılık
Ekonomiklik	-Ucuzluk ve kolay temin edilebilirlik

Tablo 1’de ısı yalıtım malzemelerin özellikleri gösterilmektedir. Bu malzemeleri daha iyi anlamak amacıyla malzemelerin çeşitlerine göre özelliklerini incelemek gerekmektedir.

Isı yalıtım amacıyla kullanılan ürünler genel olarak dört gruba ayrılabilir (Şen, 2006);

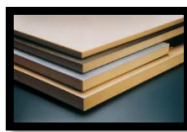
- Mineral elyafli malzemeler (Cam Yünü, Taş Yünü, Seramik Elyafı gibi) (Şekil 4-a-b)
- Sert plastik köpükler (Genişletilmiş Polistiren - EPS, Ekstrüde Polistiren - XPS, Fenolik Köpük, Poliüretan vb. dahil) (Şekil 4-c)
- Yumuşak köpükler (Esnek Malzemeler, Elastomerik Kauçuk Köpük ve Polietilen Köpük)
- Cam Köpüğü ve Kalsiyum Silikat malzemeleri (Şekil 4-d).



(a)



(b)



(c)

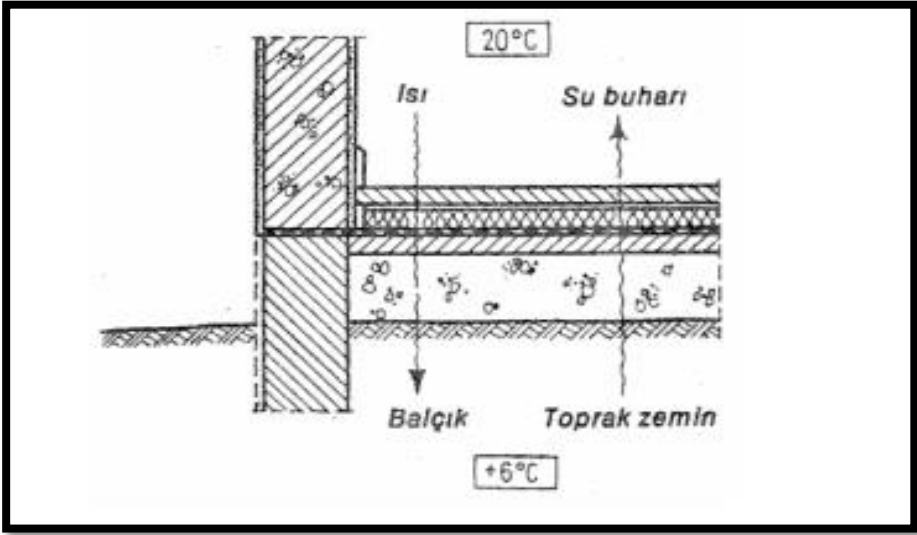


(d)

Şekil 4. a Cam yünü, b Taş yünü, c Poliüretan, d Genleştirilmiş polistren (Şen, 2006).

3. ZEMİNE OTURAN DÖŞEMELERDE ISI YALITIMI

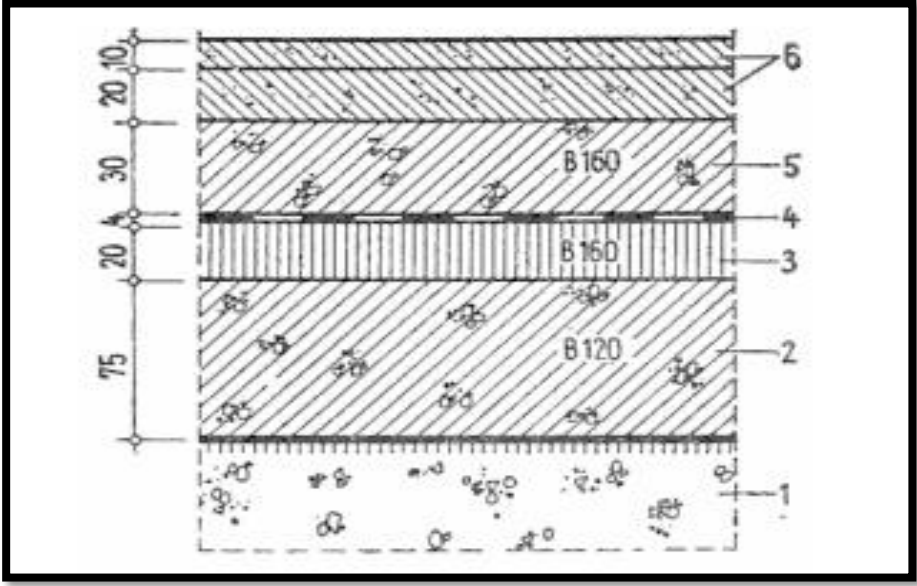
Bodrum katı olmayan odaların zemin katları genellikle yanlış inşa edilmiştir. Yalıtım katmanına ihtiyaç duyulması proje hakkında şüphe uyandırabilir. Zemindeki oda sıcaklığı 20°C ise zemine doğru fark edilir fakat çok büyük olmayan bir düşüş olur. Hijyen açısından $16-17^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta olması gereken zeminin üst yüzeyinde bu sıcaklığın garanti altına alınabilmesi için zeminde izolasyon katmanı kullanılması gerekmektedir (Bayer, 2006).



Şekil 5. Balçık Topraklar üzerine oturan döşeme yalıtımı (Şen, 2006).

Döşemenin altındaki toprağın türü (Şekil 5) birçok açıdan önemlidir. Zemin kumlu ise nem değeri düşüktür. Öte yandan kılcal iletimli ve yukarıya doğru su akışı olan killi topraklarda su buharı difüzyonunun yönü ısı akışının tersidir. Bu su buharı difüzyonu genellikle tasarımcı tarafından dikkate alınmaz. Düzgün uygulanan bir zemin kaplaması, yükselen toprak nemine karşı bir bariyerle korunur (Arioğlu, 1993). Özellikle altlarında killi toprak varsa, çakıldan oluşan ve "kılcal kırıcı" olarak adlandırılan katmanlara güvenmemek gerekir. Kumlu toprak ve en az 20 cm kalınlığında gevşek çakıl tabakası üzerine yapılan döşemelerde özel bariyer tabakalarının kullanılması gereksiz görünebilir. Ancak su buharı parçacıkları yine de döşemeden geçerek oda havasına girmenin bir yolunu bulabilir. Buharın yukarıya doğru difüzyon yolu

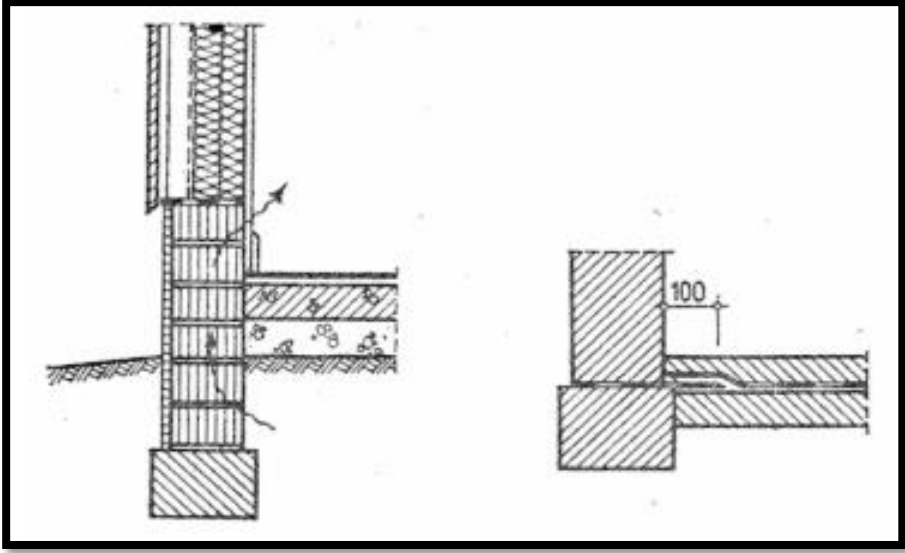
boyunca bağıl nemin azalması nedeniyle yoğuşmuş su oluşacaktır. Ayrıca toprak yüzeyinden, beton alt zeminden ve diğer malzeme katmanlarından yayılan kokular da odayı etkileyecektir. Sırf bu nedenle beton alt katmanının buhar bariyerine sahip olması tavsiye edilir (Şen, 2006).



Şekil 6. Toprak zemin üzerinde döşeme (Bayer, 2006)

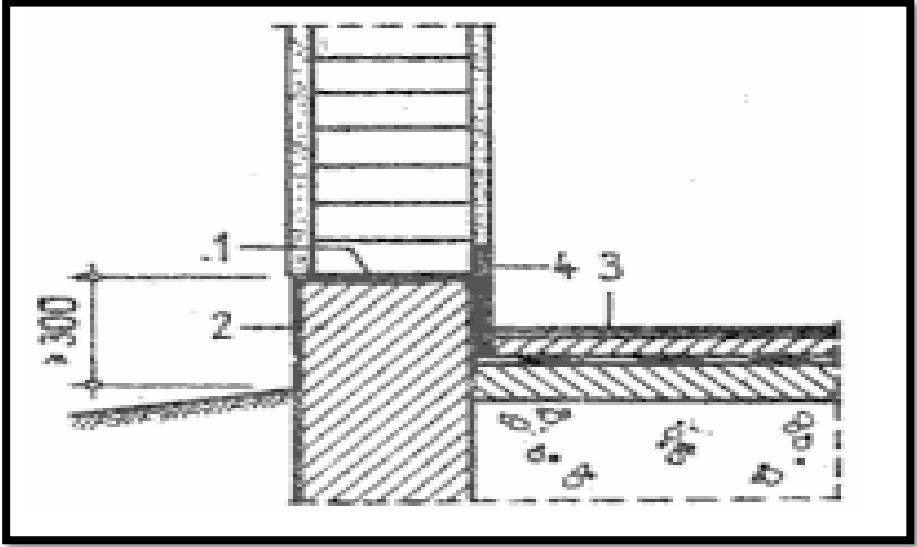
Döşeme altındaki toprağın yalıtım (Şekil 6) kapasitesi sıklıkla tartışma konusu olmaktadır. Gerçekte döşemenin altındaki toprak, önemli miktarda ısı depolama kapasitesine sahip bir kütle oluşturur. Ayrıca insan vücuduna göre daha düşük bir sıcaklığa sahiptir. Bu nedenle insan vücudunun ısısının etkili bir ısı yalıtım tabakası vasıtasıyla bu toprak kütesinden ayrıştırılması gerekmektedir. Bu sayede vücut ısısının toprağa aktarımı bir ölçüde sınırlanır. Toprak yüzeyindeki diğer anormalliklerin nedeni genellikle nemdir (Bayraktar, 2018). Sıvanın çatladığı, duvar kağıtlarının döküldüğü, halı altlarının küflendiği, hoş olmayan kokuların odaya sindiği sıklıkla görülür. Duvarlar döşemeden yükseldikçe nemlenir. Duvar ve zemin kaplamasının mutlaka yalıtılması gerektiğinden bu durumdan genellikle yalnızca yüzey suyu sorumlu tutulur. Daha sonra döşeme duvara kadar geçirimsiz bir bariyerle kaplanır. Ancak bariyer katmanlarının tamamen kapalı yapılara sahip olması gerektiği genellikle unutulmaktadır; aksi takdirde hasara neden olabilirler. Bu

durumda ok, bir nem köprüsünün ortaya çıktığına işaret etmektedir. Bariyer sistemi öne çıkarıldığında bariyer sistemindeki boşluk net bir şekilde görünür hale gelir (Bayer, 2006).



Şekil 7. Kesici sistemi hatalı yapılmış kat duvarı (Bayer, 2006)

Duvardaki kesim ile döşemedeki kesimin (Şekil 7) aynı yükseklikte yapılması, iç kısmında 10 cm çıkıntılı karton kullanılarak döşemenin kesme katmanının bu çıkıntının üzerine yapıştırılması tavsiye edilir. Bu uygulamanın iki dezavantajı vardır: Yapıştırma işlemi tamamlanmadan çıkıntı yırtılırsa, çirkin ve doldurulması zor bir boşluk oluşacaktır. Yırtılma riski her zaman mevcuttur. Ayrıca duvar ve beton kirişin farklı oturması, karton çıkıntının yapım noktasında yüklemeye yapılmasına neden olacaktır. Duvardaki bir daha revize edilemeyecek kesme katmanları çürümez malzemelerden yapılmış olmalıdır. Burada tekstil lif levha kullanılmamalıdır. Cam elyafı ve benzeri malzemeler gibi inorganik destek katmanlarına sahip çatı kaplamaları daha uygundur (Şekil 8) (Bayer, 2006).

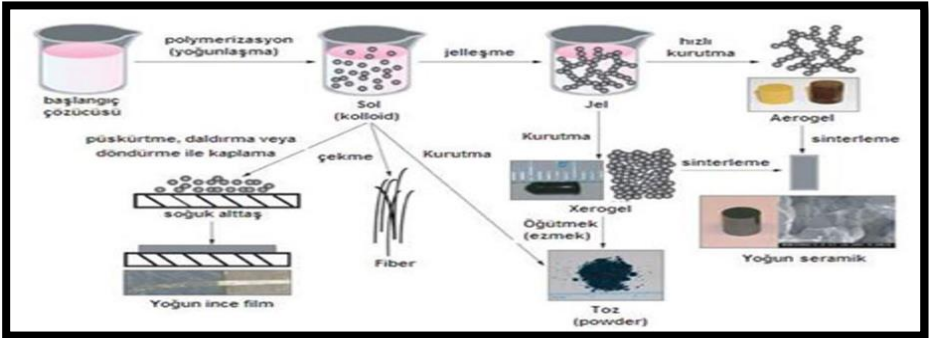


Şekil 8. Kesici sistemin doğru yapılmış hali (Bayer, 2006)

3.1. YENİ ISI YALITIM TEKNİKLERİ

Enerji verimliliği günümüz dünyasında büyük bir öncelik haline gelmiş olup, bu bağlamda binaların yalıtımı önemli bir alanı oluşturmaktadır. Yeni yalıtım teknikleri geleneksel yöntemlere göre daha etkili, çevre dostu ve sürdürülebilir çözümler sunmaktadır. Bu teknikler binalarda enerji tüketimini azaltmak, karbon ayak izini azaltmak ve konforlu iç ortam koşulları sağlamak amacıyla geliştirilmiştir (Tıkız, 2018).

3.2. Aerogel İzolasyon



Şekil 9. Aerogel izolasyon malzemesinin yapım aşamaları, (URL 1)

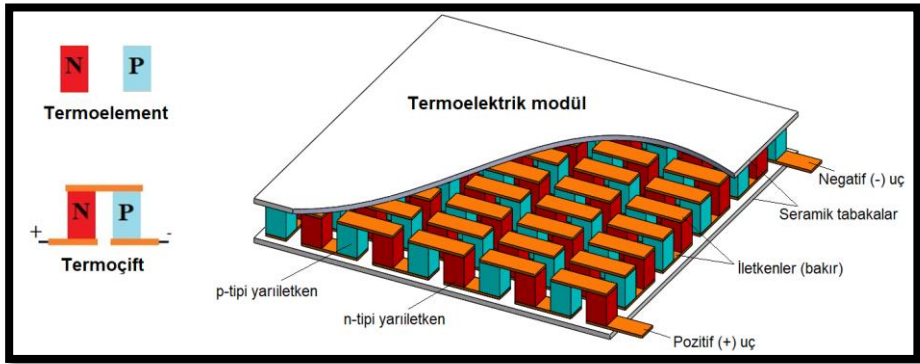
Aerojel dünyadaki en hafif katı malzeme olarak bilinir ve nano gözenekli yapısı nedeniyle mükemmel ısı yalıtımı sağlar. İnce katlar halinde uygulanabildiğinden, ince duvarlarda bile etkili ısı yalıtımı sağlar (Aydın, 2010). Yüksek performansına rağmen düşük yoğunluğu sayesinde hafiftir.

3.3. Faz Değiştiren Malzemeler

Faz değişimine uğrayan malzemeler, ısıyı etkili bir şekilde depolayıp serbest bırakarak enerji aktarımının optimize edilmesinde önemli bir rol oynar. Bu malzemeler gündüz güneş enerjisinden faydalanarak, gece ise biriken ısıdan yararlanarak iç mekan sıcaklığının düzenlenmesini sağlar. Faz Değişim Malzemeleri (PCM'ler) olarak adlandırılan bu malzemeler, enerji depolama ve kullanımı için esnek bir çözüm sunar (Şimşek, 2019).

3.4. Termoelektrik Malzemeler

Termoelektrik özellikleri, sıcaklık farklarını elektrik enerjisine dönüştürebilen teknolojiler içerir. Bu özellikler, ısıyı enerjiye dönüştürerek hem ısı yalıtımı sağlar hem de potansiyel olarak bina içinde elektrik enerjisi üretimine olanak sağlar. Bu özellikleri sayesinde termoelektrik özellikleri, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir potansiyele sahiptir (Altınışık, 2006).



Şekil 10. Termoelektrik malzemelerin çalışma prensibi, (URL 2)

3.5. Akıllı İzolasyon Sistemleri

Sensörler ve otomasyon teknolojisinin kullanılmasıyla, farklı çevre koşullarına sorunsuz bir şekilde uyum sağlayacak gelişmiş akıllı izolasyon sistemleri oluşturulmuştur. Otomatik ayarlama yetenekleriyle donatılmış bu

sistemler, enerji tasarrufunu teşvik etme temel hedefiyle binanın iç ve dış koşullarını sürekli olarak izler (Bayer, 2006).

3.6. Biyolojik Esaslı İzolasyon Malzemeleri

Mantarlardan elde edilen izolasyon malzemeleri, selüloz veya diğer biyomateryallerden üretildiğinden çevre dostu alternatifler sunmaktadır. Bu malzemelerin biyolojik olarak parçalanabilirliği, geri dönüştürülebilirliği ve sürdürülebilir kaynakların kullanılması, çevresel etkilerinin azaltılmasına katkıda bulunur (Aydın, 2010).

3.7. Grafen İle Isı Yalıtımı

Tek bir atom kadar ince karbon yapılarından oluşan bir malzeme olan grafen, ısı iletimini azaltma potansiyeline sahiptir. Grafenin ince katmanlar halinde kullanılmasıyla geleneksel yalıtım malzemelerine göre daha etkili bir ısı yalıtımı olanağı sağlanmaktadır (Tıkız, 2018).

4. FAYDALI BULGULAR

İthal enerjinin ekonomiye getirdiği yükün giderek artan boyutları, kullanıcıların yaşadığı kapalı ortamlarda ısıl konfor amacıyla aşırı enerji tüketiminin çevre ve insan sağlığına verdiği zarar, hava kirliliğinin zararlı etkilerini ön plana çıkarır (Tıkız, 2018). Daha iyi ısıtma için ortam sıcaklığının artırılması bir çözüm değildir. Dünya çapında enerji verimliliğinin en popüler alanı olan binalarda, ısıl konfordan ödün vermeden, ısıtma tüketiminde enerji tasarrufu için mevcut potansiyelin kullanılması gerekmektedir.

Her yalıtım uygulamasında proje veya bina sahibi, binanın özelliğine göre yalıtım malzemesi, ilgili ekipmanlar ve uygulama tekniği konusunda özel çözümler talep etmelidir.

Binaların ömrünü uzatmak ve değerini korumak için iç ve dış etkenlerden uygun şekilde korunması gerektiğinden bahsedilmektedir. Bu noktada dikkat edilmesi gereken temel hususlardan biri yalıtım ve doğru malzeme seçimidir. İç ve dış ortamı ayıran ve yapı kabuğu olarak tanımlanan duvar, pencere, kapı, tavan, çatı ve döşemelerden oluşan yapı elemanlarının dış etkenlerden korunması gerektiğinden bahsedilmektedir (Altınışık, 2006). Binalarda enerji tasarrufu ancak yalıtımın doğru uygulanmasıyla sağlanabilir. Yapı fiziği açısından optimum konfor koşullarını sağlayacak dış duvar yalıtım

sistemlerinin seçilmesi ve uygulanmasına yönelik önerilerde bulunmaktadır (Sezer, 2005). Binalarda yaygın olarak kullanılan yalıtım malzemeleri ve yalıtım uygulamalarını teknik ve ekonomik açıdan inceleyen bir çalışma yapmıştır. Çalışmada örnek bir bina seçilmiş ve bu binaya dört farklı yalıtım uygulaması uygulanmıştır. Binaya uygulanan 4 farklı izolasyon uygulaması için ısı kaybı hesapları yapılarak izolasyon kalınlıkları belirlendi. Yalıtım kalınlıkları ve yalıtım uygulamaları dikkate alınarak yakıt tüketimine dayalı ekonomik analizler yapılmıştır (Morgül, 2004).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Isı yalıtımının doğru ve verimli uygulanması, bina sahiplerine enerji tasarrufu ve önemli mali faydalar sağlar. Ayrıca iç ortam sıcaklıklarını düzenleyerek ve enerji tüketimini optimize ederek konforlu bir yaşam alanı yaratır. Enerji talebindeki azalma, çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirerek çevre dostu bina uygulamalarına doğrudan katkıda bulunmaktadır.

Yalıtım malzemelerinin çeşitliliği ve uygulama yöntemlerindeki esneklik, her türlü yapıya uyum sağlama konusunda avantajlar sunmaktadır. Ancak doğru malzemelerin seçimi, uzman montaj ve düzenli bakım, ısı yalıtımının uzun vadeli etkinliğini sağlamada çok önemli faktörlerdir.

Sonuç olarak, zeminlerde ısı yalıtımı sadece enerji maliyetlerini azaltmakla kalmıyor, aynı zamanda iç mekan konforunu da artırarak sürdürülebilir bir yaşam ortamı yaratıyor. Bu nedenle bina sahipleri ve tasarımcılar, yalıtımın çevre dostu ve uygun maliyetli bina tasarımlarına katkı sağlama potansiyelini değerlendirmelidir.

Öneriler:

- Cam yünü, taş yünü, polistiren, poliüretan gibi yalıtım malzemelerinin özellikleri incelenmeli.
- Yüksek ısı direnci, uzun ömür ve çevresel etkiler göz önünde bulundurularak en uygun malzeme seçilmelidir.
- Uygulama işlemi, uzman ekipler tarafından gerçekleştirilmelidir.
- Doğru montaj, malzemenin maksimum performansını sağlar ve ısı yalıtımının uzun vadeli etkinliğini güvence altına alır.
- Isı yalıtımı, bina tasarımının bütünlüğü içinde ele alınmalıdır.

- Döşeme altına eklenen panellerden, bina duvarlarına ve çatısına kadar geniş bir perspektifte düşünülmelidir.
- Düzenli bakım ve güncellemelerin yapılması önemlidir.
- Oluşabilecek deformasyonlar veya hasarlar, zamanında müdahale edilmezse yalıtım performansını olumsuz etkileyebilir.
- Bina yerleşimi ve çevresel faktörler, ısı yalıtımının etkinliğini etkileyebilir.
- Rüzgar, güneş ışığı, yerel iklim şartları gibi faktörler dikkate alınarak tasarım yapılmalıdır.

Bu maddeler, zemine oturan döşemelerde ısı yalıtımı konusunda başarılı bir uygulama için temel prensipleri içermektedir. Bu yönergeler, bina sahipleri ve tasarımcılarının, enerji tasarrufu ve sürdürülebilir bina tasarımı hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olabilir.

KAYNAKLAR

- Kotan, T., Fırat, İ., Kaya, M., & Ulusu, İ. (2018). Binalarda kullanılan farklı ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayılarının Erzincan ili şartlarında termokupl ve termal kamera ile incelenmesi.
- Özenç, A. (2007). Edirne'deki Isı Yalıtım Uygulamaları (Master's thesis).
- Abusamhadana, M. S. (2017). Mevcut okul yapılarında kullanıcı ısıl konfor gereksinimleri bağlamında enerji iyileştirme stratejileri: İzmit Ulugazi İlköğretim Okul örneği üzerinden bir inceleme (Master's thesis, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Türkmen, M. (2016). Bina Kabuğunda Isı Yalıtımı Uygulamalarının Yapısal Performansı Ve Etkinliğinin İstanbul'da Bir Alan Çalışması İle İncelenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- TIKIZ, İ., Pehlivan, H., & Mermer, M. (2018). Bina ısı yalıtım sistemlerinin İncelenmesi ve optimizasyonu. *Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges)*, 8(2), 106-135.
- Şimşek, Z. (2019). Konut Yapılarında kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerin İncelenmesi. *Technological Applied Sciences*, 14(4), 147-162.
- Ögetürk, İ. (2019). Binalarda ısı yalıtım malzemelerinin enerji verimliliği üzerine etkisinin araştırılması (Master's thesis, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bayrakçı, H., Davraz, M., & BAŞPINAR, E. (2011). Yeni Nesil Isı Yalıtım Malzemesi: Vakum Yalıtım Paneli. *Teknik Bilimler Dergisi*, 1(2), 1-12.
- Nazife, Ö. Z. E. R., & ÖZGÜNLER, S. A., Yapılarda yaygın kullanılan ısı yalıtım malzemelerğnğn performans özelliklerğnğn duvar kesğtlerğ üzerinde değerlendirğilmesi
- Akıncı, H. (2007). Günümüzde uygulanan ısı yalıtım malzemeleri, özellikleri, uygulama teknikleri ve fiyat analizleri (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- Bektaş, V., Çerçevik, A. E., & Kandemir, S. Y. (2017). Binalarda Isı Yalıtımının Önemi ve Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığının Yalıtıma Etkisi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1), 36-42.
- Bayer, G. (2006). Binalarda uygulanan ısı yalıtım sistemleri ve örnek bir projede ısı yalıtım maliyeti analizi (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).

Aydın, İ. (2010). Binalarda uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin karşılaştırılması (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).

Şen, A. O. (2006). Binalarda uygulanan yalıtım sistemleri dünyada ve Türkiyede yalıtım (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).

URL1 <https://metaldunyasi.com.tr/tr/guncel/69/dunyanin-en-hafi-f-kati-malzemesi-aerjeller.html> (Erişim Tarihi:12-02-2024 s.:20:15)

URL 2 <https://www.pau.edu.tr/termoelektrik/tr/sayfa/termoelektrik-modul> (Erişim Tarihi:12-02-2024 s.:21:15)

BÖLÜM 3

AKILLI SERA TASARIMI VE ÜRETİMİ

Şule SOLAK¹
Oğuzhan AKYOL²
Sefa AKÇAY³
Burak YILDIRIM⁴

¹ Bartın Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Bartın, Türkiye, sule.solak05@gmail.com, (0009-0003-5785-1471)

² Bartın Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Bartın, Türkiye, oguzhanakyol81@gmail.com, (0009-0005-4180-4835)

³ Bartın Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Bartın, Türkiye, sefaakcayq@gmail.com, (0009-0000-8649-3616)

⁴ Bartın Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Bartın, Türkiye, byildirim@bartin.edu.tr, (0000-0001-6263-1025)

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze değişerek gelen teknoloji, günlük hayatta her yerde karşımıza çıkarak hayatımızı kolaylaştırmıştır. Teknolojinin kullanımı ile her yerde karşılaşmaktadır. Telefonlar, bilgisayarlar, tabletler, beyaz eşya, otomasyon, araçlarda insan aklına gelebilecek her alanda teknolojiye yararlanılmaktadır. Teknolojinin gelişimiyle beraber kontrol ve otomasyon sektörünün de hızla geliştiği görülmektedir. Otomasyonun gelişmesi ile sanayi, tarım, mobilyacılık gibi birçok sektörde önemli değişimler meydana gelmektedir. Az zamanda daha çok iş yapmak, ekonomik anlamda daha iyi yerlere gelmek, insan kaynaklı kazaların önüne geçerek işlerin aksamasını engellemek gibi olanaklar sağlayabilmektedir.

Otomasyon ile gelişen sektörlerden biri olan tarım sektöründe, bitkilerin ortam şartlarına uygun yetiştirilecek alanlar kolayca sağlanabilmektedir. Bu sektörde yapılan teknolojik çalışmalarda insan faktöründen kaynaklı olan hataların azaltılması ve bu hatalardan kaynaklı çıkabilecek kazaların önüne geçebilmek, yetiştirilmek istenen bitkilerden daha kısa zamanda daha fazla verim almak, kazancın artması gibi avantajlar bulunmaktadır. Ortam koşullarını dengede tutabilmek, hava olaylarından bitkinin etkilenmemesi için güvenli ortam sağlamak, bitkinin yetiştirilmesinde zarar görmemesi için uygun parametrelerle serayı desteklemek gibi sebeplerden kaynaklı kullanımı artmaktadır. Otomasyon kullanılarak geliştirilen bu seralar ekonomik anlamda da çiftçiye kolaylık sağlamaktadır. Çiftçi düşük bütçeyle yıl boyu seri bitki üretimi yapabilmektedir. Ayrıca bitki gelişiminde istenmeyen durumlar olduğu an geliştirilen otomasyon teknolojisiyle beraber olumsuz olayları otomatik olarak kontrol eder.

Kullanılan haberleşme yöntemleri sayesinde seralara yerleştirilen teknolojik ürünlerin kontrolünü insan eli değmeden uzaktan erişimle yapmakta mümkündür. Bu sayede çiftçinin her daim serada durmasına gerek yoktur. Serada istenmeyen bir durum olduğunda çiftçi uzaktan erişimle bu durumu kontrol altına alarak bitkinin verimli şekilde yetişmesi için uygun ortamı sağlayabilmektedir.

Bu çalışmada otomasyon sisteminden yararlanarak gerçekleştirilmek istenen akıllı serada, bitkinin güvenli yetişmesi, uygun şartlarda yetişerek verim kazancını artırmak ve kısa sürede daha fazla bitki yetiştirebilmek için uygun ortam tasarlanmıştır. Bitkinin ihtiyaçları doğrultusunda hazırlanan seranın

kontrolü uzaktan erişimle gözlemlenebilmektedir. Akıllı sera modeli, aşağıda yer alan literatür araştırmalarından da yararlanılarak bir sera prototipi gerçekleştirilmiştir.

Güneşten elde edilen enerji ile çalışan bitki sulama sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemde Arduino Uno mikrodenetleyici kartı kullanılmıştır. Yapılan projenin amacı bitkiye olması gerekenden daha çok sulama yapmayıp toprak nemini istenen değerde sabit tutmaktır. LCD üzerinden veriler belirlenip sulama işlemi otomatikçe bırakıldıktan sonra Raspberry Pi ile bitkinin fotoğrafı çekilip kullanıcıya mail yoluyla gönderilmiştir. Bitkinin nem seviyesine göre kullanıcının belirlediği değere ulaştığında sulama işlemi sonlandırılır ve istenilen değere ulaştığı zaman sulamanın sonlandığı an ki halinin fotoğrafı çekilip yine mail yoluyla kullanıcıya gönderilir. Sistemin enerjisi güneş paneli yardımıyla sağlanmıştır. (Ersin, 2015)

Seranın yapısı gereği dış etkilerden, sıcaklık ve nemden korumaktır. Bu olumsuz şartlardan bitkileri korumak için otomasyondan yararlanılmıştır. Bu çalışma çeşitli sensörlerle desteklenmiştir. Çalışmada Arduino Mega 2560 kullanılmıştır. Sensörlerin kontrolü içinde 2 adet mikrodenetleyici kartı kullanılmıştır. Biri bluetooth ile diğeri de WİFİ ağı ile ölçülen parametreleri kullanıcıya iletmektir. Çalışma, iki farklı veri aktarım sistemini içermektedir: birincisi Bluetooth, diğeri ise WiFi. Bluetooth ve WiFi arasındaki farklar, kullanıcıların sera koşullarını kontrol etmeleri ve izlemeleri için iki ayrı yöntem sunar. Kullanıcı tarafından istenen eşik değerlere ulaşıldığı taktirde bu uygulamalarla otomatik olarak kontrol edilebilir. Bu çalışma, Bluetooth ve WiFi veri aktarım sistemlerinin karşılaştırılmasına odaklanarak, her iki yöntemin avantajlarını ve dezavantajlarını anlamak amacını taşır. (Elmaslı, 2022)

Dilbaz ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada iki tip sera tasarlanmıştır. Birinde geleneksel sera yapılmıştır. Diğesinde de akıllı sera tasarlanmıştır. Tezin amacı bu iki tip seraları karşılaştırarak bitki için hangisinin daha verimli olduğunu görmektir. Geleneksel serada insan gücü kullanılmıştır. Akıllı serada da bitkinin ihtiyacını karşılamak için sensörlerle tasarlanmıştır. Tasarlanan akıllı serada bitkinin daha kısa sürede büyüdüğü ve daha fazla ürün verdiği görülmüştür. (Dilbaz, 2017)

Toprağın verimli olmadığı alanlarda son yıllarda yaygın olarak kullanılan topraksız tarımla verimli bitki yetiştirmekte mümkündür. Türkiye ve

Dünya’da yaygınlaşmaya başlamış bir uygulamadır. Türkiye’ de henüz yeni yaygınlaşmaya başlayan bu uygulama Ege ve Akdeniz bölgelerinde yaygınlaşmıştır. Topraksız tarımda toprağın elverişli olmadığı alanlarda birçok ürünlerden yararlanılarak seralarda bitki yetiştirilir. Topraksız tarım modeli su kültürü ve katı ortam kültürü olarak iki gruba ayrılmıştır. Su kültüründe durgun su ve akan su kültürü; katı ortamda ise ağaç kabuğu, torf, talaş, kum, çakıl, kaya yünü gibi birçok ortamda bitki yetiştirilmiştir. Yapılan bu araştırmada topraksız tarımın topraklı tarıma oranla daha verimli bir üretim şekli olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca üretim maliyeti olarak da topraklı tarıma oranla yarı yarıya daha düşük olduğu görülmüştür. Ancak, bu avantajlara rağmen, topraksız tarımın uygulandığı bölgelerde verimli toprakların kaybı endişe verici bir durumdur. Topraksız tarımın yaygınlaşması, verimli toprakların korunması ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesi açısından dikkatli bir planlama ve yönetim gerektirebilir. (Özkan, 2014)

Bu literatür araştırmaları sonucunda bu projede ısıtma, soğutma, sulama ve aydınlatma sistemleri gerçekleştirilmek istenmiştir. Projede Arduino Mega kartı ile sensörlerin programlanması ve kontrolü yapılmıştır. Sera da kullanılan sıcaklık ve nem sensöründen alınan veriler sonucunda ortam ısısı düştüğü zaman mini fan ısıtıcı devreye girerek ısıtma işlemini gerçekleştirir. Fakat ortam ısısı istenen değerin üzerin çıktığı taktirde soğutma sistemi için serada bulunan fanlar devreye girer ve ortam ısısı istenen değere ulaşana kadar çalışmaya devam eder. Projede kullanılan toprak nem sensöründen alınan verilere göre toprak nem değeri az olduğu zaman sistemde bulunan su pompası devreye girer ve eşik değere gelene kadar sulama işlemini sağlar. UV ve beyaz LED’ler seranın gün boyu aydınlık olması ve bitkinin gündüz olduğu gibi gece de fotosentez işlemini gerçekleştirmesi sağlar.

1.1 Sera Nedir?

Sera, bitkilerin daha verimli ve güvenli bir şekilde yetişmesi için gerekli olan kapalı ortama denir. Mevsimsel olaylardan, hava şartlarından korumak için gerekli ortam sağlanarak bitki yetiştirilir. Farklı mevsimler için seraların dış yüzeyine uygun olan sera örtüleri kullanılır ve bu da iç ve dış sıcaklığı dengede tutmaya yardımcı olur. Örtü olarak; cam, naylon, plastik gibi malzemeler kullanılır.



Şekil 1: Geleneksel Sera Modeli [5]

Türkiye’ de yaygın olarak kullanılan sera çeşitleri aşağıdaki gibidir;

- **Soğuk Sera:** Don olaylarından ve sıcaklardan etkilenen bitkiler için geliştirilmiş sera türüdür. Sera içi sıcaklığı 0-10 °C arası değişmektedir.
- **Ilık Seralar:** Sera içi sıcaklığın 10-15 °C arasında olan sera çeşididir. Bu seralarda Güney Çin ve Avusturya bölgelerinde bulunan bitkiler için uygun sera türüdür.
- **Sıcak Seralar:** Sıcak iklimleri seven bitkilerin yetiştirildiği yerdir. Bu tarz seralarda genelde Ekvator ve tropik bitkiler yetişir. Sera içi sıcaklık 30 °C’de tutulmaktadır. Sıcaklığın 15°C’nin altına düşmesi yetişen bitkiler için istenmeyen bir durumdur. Bunun için kuvvetli bir ısıtma yöntemi gereklidir.
- **Toprak içindeki seralar:** Bu tip seralar çoğunlukla üretim amaçlı kullanılır.
- **Üretim seraları:** Bu tip seralar daha çok fide ve bitki yetiştiriciliğinin yaygın olduğu yerlerde görülür. Isıtma işlemini sera altından yapılmaktadır. Dış çerçevede kullanılan malzeme cam olduğu için kurulum biraz fazla maliyetlidir. Bu tip seralar halk arasında camekan sera olarak bilinmektedir.

- **Duvara dayalı seralar:** Güneşin tamamen güneyden girmesi için seranın kuzey tarafını duvara dayandırırılar. Bu tip sera için az ısıya ihtiyaç olur bu sebeple maliyeti düşük seralardır.

1.1.1 Seranın Tarihi

Günümüzde kullanılan seranın tarihine bakılacak olursa ilk olarak 15. yüzyılda Roma İmparatorluğu döneminde İtalya'da bir botanik bahçesinde görüldüğü tahmin edilmektedir. Roma İmparatorluğu'nun yıkılışıyla birlikte sera çalışmaları da son bulmuştu. Bu çalışmalara 15. ve 18. yüzyıl arasında tekrar başlanmıştır. Fransa, İngiltere ve Hollanda'da evlerin güney kısımlarında kullanılmaya başlanmış ve ortam şartları uygun olmadığında bitkiler sera ortamında yetiştirilmiştir. Ticari amaçlı kullanılan seralar ise 19. yüzyılda görülmüştür. İlerleyen zamanlarda teknolojinin de gelişmesiyle seralara daha çok talep artmıştır ve insan hayatında büyük öneme sahip olmuştur. Bitkinin ihtiyacına göre sistemler geliştirilerek seralara uyarlanmış ve düşük maliyetle fazla verim sağlanmıştır. Türkiye'de ise seracılık sektörünün 1940'lı yıllarda başladığı görülmektedir. İlk başlarda Antalya'da başlamış ve giderek kıyı kesimlere yayılmıştır. 1970'li yıllarda örtü malzemesi olarak plastiğin kullanılmasıyla üretimin en yüksek olduğu seviyeye ulaştığı görülmüştür.

Seralarda Yetiştirilen Bitkiler

Seralarda tüketicinin ihtiyacına göre birçok sebze, meyve, süs bitkileri ve çiçek gibi ürünler yetiştirilebilmektedir. Çoğunlukla seralarda sebze yetiştiriciliği yapılmaktadır. Yetiştirilen bazı ürünler ve ihtiyaç duydukları ortam koşulları aşağıdaki gibidir;

- **Domates:** Seralarda yetiştirilen en yaygın bitkidir. Domates tohumunun çimlenmesi için gerekli olan toprak sıcaklığının minimum 10°C, uygun olan 20-29°C ve maksimum 36°C olmalıdır. Yetiştirildiği ortamda ise gündüz sıcaklığın 19-26 °C, gece sıcaklık aralığının da 14-18°C değerleri arasında olması gerekir [6].
- **Salatalık:** Salatalık tohumunun çimlenmesi için istenilen toprak sıcaklığının 11-18°C aralığında olması gereklidir. Yetiştirildiği ortamda istenilen değerler 25-28°C arasındadır. İstenilen nem değerleri ise %50-80 arasında tutulmalıdır [7].

- **Marul:** Marul tohumunun çimlenmesi için gereken sıcaklık optimum şartlarda 20°C olmalıdır. Tohumun çimlendikten sonraki aşamada istenilen sıcaklık aralığı 18-21°C olması gerekir. Toprak nem oranının %60-75 arasında olması gerekir [8].
- **Maydanoz:** Maydanoz tohumları kış şartlarına dayanamadığından kaynaklı ekiminin yaz aylarında yapılması tavsiye ediliyor. Yetiştirileceği ortamdaki toprak ısisının 10-20°C arasında olması gerekiyor. Toprak nem oranı %60-75 aralığında olmalıdır [9].
- **Biber:** Soğuk havadan çabuk etkilenen bir sebze çeşididir. Yetiştirileceği ortamın sıcaklığı 15-32°C aralığında olmalıdır. Toprak nem oranının %60-70 aralığında tutulması gerekmektedir. Sera ortamında ise nem oranı %70-75 arasında tutulması gerekiyor [10].
- **Lahana:** Genellikle lahana ekimi temmuz ya da ağustos aylarında ekilmesi tercih edilir. Çoğunlukla Karadeniz Bölgesi'nde yetiştirilir. Toprağa ekilmeden bir gün önce suda kalması tavsiye edilir. Ekilecek toprağın sıcaklığının 10-20 °C aralığında olması gerekir. Toprak nem değeri aralığı da %65-75 değerlerinde olması gerekir [11].

Akıllı sera tasarımı projesinde marul, maydanoz ve kara lahana yetiştirilecektir. Sisteme girilecek sıcaklık değeri aralığı 12,66-20,33 °C, nem değeri aralığı da %63,33-75 değerleri ile çalıştırılacaktır. Bu değerler aşağıda yer alan matematiksel işlemler ile bulunmuştur:

$$\text{Maksimum sıcaklık değeri} = \frac{21 + 20 + 20}{3} = 20,33^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Minimum sıcaklık değeri} = \frac{18 + 10 + 10}{3} = 12,66^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Maksimum toprak nem değeri} = \frac{75 + 75 + 75}{3} = 75\%$$

$$\text{Minimum toprak nem değeri} = \frac{65 + 60 + 65}{3} = 63,33\%$$

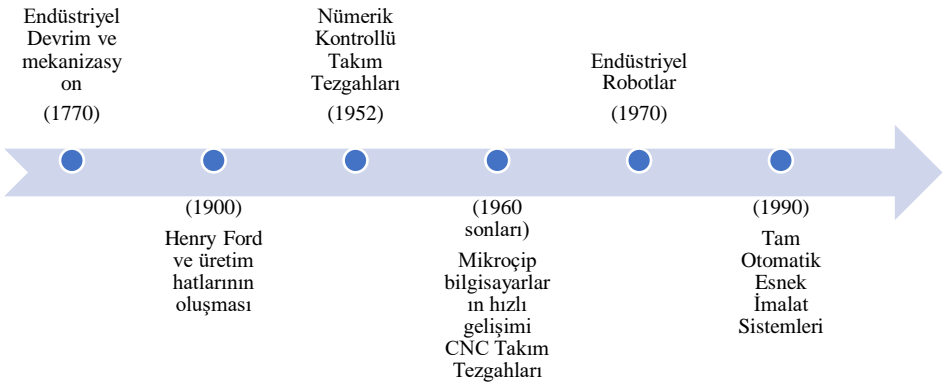
1.2 Otomasyon Nedir?

Otomasyon insan gücü yerine günlük hayatı kolaylaştırmak için geliştirilen bir teknolojidir. Otomasyon iki ana maddeye ayrılır. Bunlar yarı ve tam otomasyonlardır. İlk olarak yarı otomasyonda insan faktörünün daha fazla

ön planda olduğu görülmektedir. Tam otomasyonda ise makine ve robotik ağırlıklı sistemler ön plandadır. Bu sektör sayesinde insandan kaynaklı hataların büyük oranda önüne geçilmiştir. Dünya'nın birçok yerinde bulunan işletmeler üretimin devamlılığı, fazla ürünün kısa zamanda üretilmesi gibi sebeplerden kaynaklı otomasyon sektöründen faydalanmaktadır.

1.2.1 Otomasyonun Tarihçesi

Otomasyon ilk olarak 18.yüzyılda Sanayi Devrimi ile İngiltere' de ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkış amacı insan üzerindeki yükü azaltmaktır. İnsan gücü yerine buhar gücü ile çalışan makineler kullanılmaya başlandıkça daha kısa sürede hızlı üretim oluşmaya, hata durumuyla karşılaşıldığında anında müdahale edilmesiyle insan yaşamında büyük bir öneme sahip olmaya başlamıştır.



Şekil 2: İmalat Sektöründe Otomasyonun Tarihçesi

Otomasyon zamanla geliştikçe çeşitleri de artış göstermiştir. İnsan hayatını kolaylaştırmak için her alanda otomasyondan yararlanıldığı görülmektedir. Seralarda, fabrikalarda, aydınlatmalarda, endüstriyel makinelerde, akıllı binalarda, akıllı evlerde ve daha birçok insan hayatında kullanılan yapılarda otomasyon sistemi kullanılmıştır. İnsan hayatını kolaylaştırmak dışında başka avantajları da bulunmaktadır. Üretilen ürünün maliyetinin daha düşük olması, kısa sürede daha fazla üretimin yapılması, üretimin seri olması, hata oranının daha düşük olması, işçi kazalarının az olması, üretimden elde edilen verimin artması gibi çok fazla avantaj sağlamaktadır. Otomasyon sektörünün oldukça fazla kullanım alanları

bulunmaktadır. İnsan yaşamının her yerinde sıkça karşılaşılmaktadır. İmalat sektörü, inşaat, elektrik, elektronik, tekstil, enerji gibi birçok sektörde karşılaşılmaktadır. Bu projede ısıtma, aydınlatma, soğutma ve sulama işlemleri otomasyonla daha kolay gerçekleştirilmiştir. Kullanılan sensörlerden biri olan sıcaklık ve nem sensörünün algıladığı değere göre az ise ısıtma sistemi için kullanılan ısıtıcı fanı devreye alacak, çok ise soğutma sisteminde kullanılan fanları devreye alacak ve ortam sıcaklık dengesini koruyacaktır. Toprak nem sensörü de toprağın nem değeri az ise sulama sistemini aktif ederek istenilen değere erişmesine yardımcı olur. Aydınlatma işlemi için de kullanılan ledler sayesinde ortamın aydınlık olmasını ve bitkinin gelişimi için gerekli olan fotosentez ihtiyacını gece de karşılamasını sağlamaktadır. Bu işlemler ile üretici yıl boyu verimli üretim gerçekleştirebilir. Sera içinde istenmeyen bir durum olduğunda otomatik olarak uzaktan erişimle ortaya çıkan engelleri kaldırabilmektedir. Bu sayede bitkiden elde edilen verim artar ve üretici emeği karşısında mağdur olmaz. Üretici daha kısa zamanda daha çok bitki yetiştirerek ekonomik anlamda avantaj elde eder. Akıllı sera tasarım modeli, geleneksel seralara oranla daha kullanışlıdır ve maliyet açısından daha uygundur.

2. MATERYAL

Yazılan bu tez çalışmasında akıllı sera sisteminin tasarımı hazırlanmıştır. Bu prototip sera çalışmasında sera içi ve dışı sıcaklığın ölçümü, soğutma, aydınlatma ve ısıtma işlemi yapılmıştır. Projede kullanılan malzemeler aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Tablo 1: Kullanılan Sensör/Materyaller

Kullanılacak Materyal Türü	Kullanılacak Materyal Adı
Mikrodenetleyici	Arduino Mega 2560 R3
Sera iç ve dış sıcaklık nem sensörü	DHT11
Toprak nemi sensörü	Arduino toprak nemi algılama sensör modülü
Sistem göstergesi	2x16 LCD ekran mavi üzerine beyaz – TC1602
Soğutma	12V DC fan
İnternet kontrolü	ESP32-WROOM Wi-Fi ve Bluetooth Modülü
Sulama	Mini dalgıç su pompası 6V 120 litre / saat
Isıtma	Mini PTC fan ısıtıcı
Aydınlatma	UV LED, Beyaz LED

2.1 Arduino

Arduino, açık kaynak kodlu yazılım, donanım ve içeriğe sahip bir elektronik geliştirme kartıdır. Arduino kartının birçok çeşidi vardır. Bunlar;

- Arduino Mega 2560 R3
- Arduino Uno
- Arduino Nano
- Arduino Pro
- Arduino Ethernet
- Arduino Leonardo
- Arduino Esplora

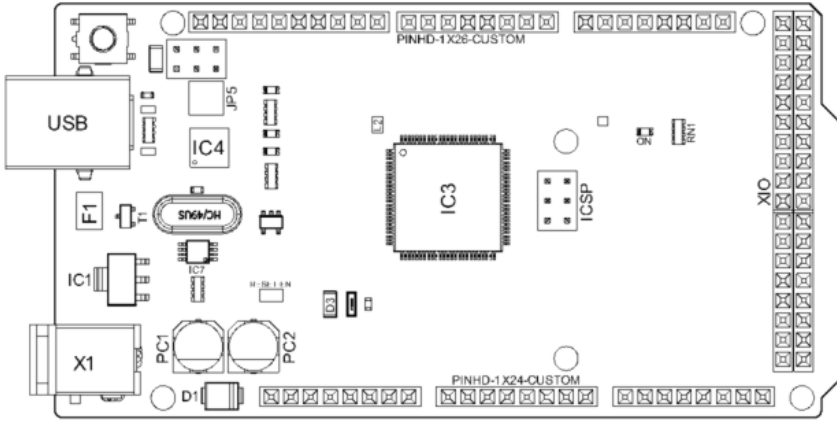
gibi çeşitleri vardır. Arduino geliştirme kartlarından pin sayısı fazla olduğu için yapılan çalışmada Arduino Mega 2560 R3 mikrodenetleyici kartı tercih edilmiştir.

2.1.1 Arduino Mega 2560 R3

Arduino Mega 2560 R3 kartı, ATmega 2560 tabanlı mikrodenetleyiciye sahip olan bir karttır. Diğer kartlara oranla pin sayıları fazladır. 54 adet dijital giriş/çıkış pini ile birlikte 16 adet analog giriş pini mevcuttur. Aynı zamanda 4 tane donanımsal seri port (UART), 16 Mhz hızında kristal osilatör, USB soketi, güç soketi, ICSP konektörü ve reset tuşu sahip bir karttır. USB kablosu ile bilgisayara bağlanarak çalıştırılabilir. Aynı şekilde pil ya da adaptör ile de çalıştırabilmektedir. Çalışma gerilimi 5V değerindedir. Giriş gerilim değeri ise 7-12V' tur. Her Input/Output için akım değeri 40 mA, 3,3V gerilimi için akım değeri de 50 mA'dir. Bu mikrodenetleyici kartı, Flash hafıza kaybı 256 KB, SRAM değeri 8 KB, EEPROM ise 4 KB veri depolama kapasitesine sahiptir. 16 MHz saat hızında çalışan bir kristal osilatör içerir. Kartın uzunluğu 101,6 mm, genişliği 53,4 mm boyutundadır [12].



Şekil 3: Arduino Mega 2560 R3 [12]



Şekil 4: Arduino Mega 2560 R3 Önden Görünümü [13]

Tablo 2: Arduino Mega 2560 R3 Kartı Üzerinde Olan Pinler [13]

USB	USB B Konektörü	F1	Çip Kondansatörü
IC1	5V Doğrusal Regülatör	X1	Güç Jakı Konektörü
JP5	Kaplama Delikler	IC4	ATmega16U2 Çip
PC1	Elektrolit Alüminyum Kondansatör	PC2	Elektrolit Alüminyum Kondansatör
D1	Genel Amaçlı Doğrultucu	D3	Genel Amaçlı Diyot
L2	Sabit İndüktör	IC3	ATmega2560 Çip
ICSP	Konektör Başlığı	ON	Yeşil LED
RN1	Direnç Dizisi	XIO	Kondansatör

a. Güç:

Arduino Mega mikrodenetleyici kartını USB kablosuyla ya da harici güç kaynağı yani AC-DC adaptör ya da batarya ile çalıştırılabilir. Adaptör, kartın üzerinde yer alan 2,1 mm güç soketinden bağlanabilir. Batarya ise kartın

üzerinde bulunan GND ve Vin pinleri ile bağlantı sağlanabilir. Harici güç kaynağı kullanılacak ise en uygun değer aralığı 6-20V arasındadır. Kart için tavsiye edilen harici besleme aralığı da 7-12V değerleridir. Karta verilen gerilim 7V değerinden azsa kart yeterli gerilim alamadığı için çalışmayabilir. 12V 'dan daha fazla bir gerilim uygulanmışsa kart ısınır ve yanma ihtimali de olabilir.

Güç Pinleri

- **VIN:** Harici güç kaynağına bağlı olduğu durumda 7-12V değerleri arasındaki gerilim giriş pini.
- **5V:** Regülatörden çıkan 5V çıkış pinini verir.
- **3,3V:** Kart üzerinde yer alan 3.3V regülatör çıkış pinidir.
- **GND:** Toprak pini.

b. Hafıza:

ATmega2560, 256 KB değerinde bir depolama alanına sahip bir işlemcidir. Bu değer 8 KB'ı bootloader için kullanılmaktadır.

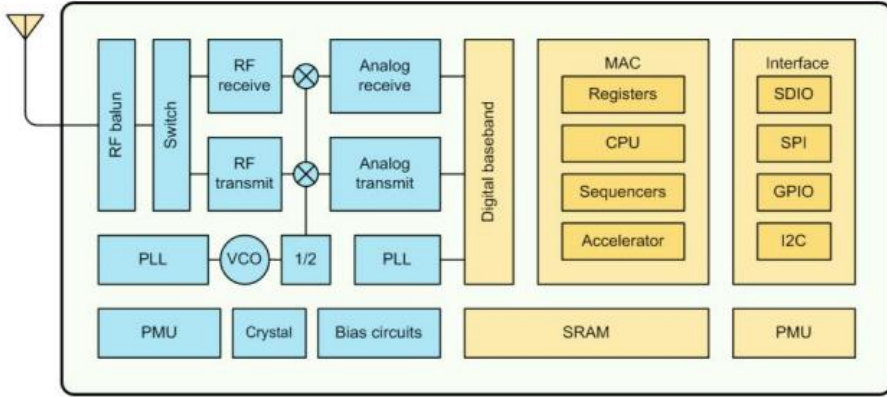
Seri Haberleşme Pinleri

Seri haberleşme için Serial RX (0 pini) ve TX (1 pini), Serial1 RX (19) ve TX (18), Serial2 RX (17) ve TX (16), Serial3 RX (15) ve TX (14) pinleri kullanılır. RX (Receive) pinleri diğer cihazlardan gelen veriyi almak için kullanılırken, TX (Transmission) pinleri Arduino'dan diğer cihazlara veri göndermek için kullanılır.

2.2 NodeMCU V3 ESP8266 ESP-12E Geliştirme Kartı-CP2102

NodeMCU V3 ESP8266 ESP-12E geliştirme kartı IoT (Nesnelerin İnterneti) ile ilgili çalışmalar için hazırlanmıştır. Bu hazırlanan geliştirme kartı, ESP8266 ESP-12E Wi-Fi modülünü içerisinde bulundurarak işlevsel bir özelliğe sahip olmasına olanak sağlamıştır. Bir diğer içerisinde barındırdığı modül olan CP2102 USB-Serial dönüştürücüsü ile hızlı bir şekilde bilgisayara bağlanmaya yardımcı olmaktadır.

NodeMCU V3, oldukça geniş kapsamlı ve etkili bir geliştirme ortamı yaratmaya olanak sağlamaktadır. Bu modül için Arduino IDE ya da MicroPython programlama dillerinden faydalanılmaktadır.



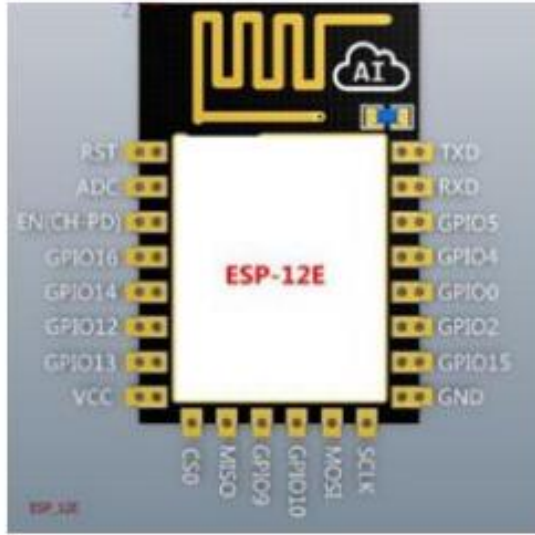
Şekil 5: ESP8266 ESP-12E Blok Diyagramı [14]

Bu geliştirme kartı Tensilica LX106 çekirdek işlemciye sahiptir. Çalışma gerilimi 3,0 – 3,6V değeri arasındadır. Çalışma akımı 80 mA değerindedir. Giriş gerilimi 7-12V aralığında çalışmaktadır. 16 adet dijital giriş/çıkış pini ve 1 adet analog giriş pini bulunmaktadır. 1 UART, 1 emniyet performans göstergesi ve 1 I2C'ye sahiptir. Verileri depolayabilmek için 128 KB RAM, 4 KB flash bellek, 64 KB SRAM' e sahiptir. Saat hızı 80-160 MHz aralığındadır [14].

Entegrenin düşük güç 32-bit MCU 'a sahiptir. Derin uyku gücü 10 uA' dan küçük, güç kapalı durumdayken sızıntı akımı 5 uA' dan küçüktür. Uyanma ve paket iletimi 2 ms' den küçüktür. 802.11b modunda çıkış gücü +20 dBm' dir. Çalışma sıcaklık aralığı -40 °C ile 125 °C değerlerindedir. Frekans aralığı 2,4 GHz - 2,5 GHz aralığındadır. Ürün 16mm x 24mm x 3mm boyutlarındadır [14].



Şekil 6: NodeMCU V3 ESP8266 ESP-12E Geliştirme Kartı [15]



Şekil 7: ESP-12E Pin Dizaynı [14]

Tablo 3: Pin Açıklamaları [14]

NO	PİN ADI	FONKSİYON
1	RST	Modülü sıfırlar
2	ADC	A/D dönüşümü
3	EN	Çip etkinleştirme pini
4	IO16	GPIO16, yonga setini derin uyku modundan uyandırmak için kullanılır
5	IO14	GPIO14; HSPI CLK
6	IO12	GPIO12; HSPI MISO
7	IO13	GPIO13; HSPI MOSI; UART0 CTS
8	VCC	3,3V güç kaynağı (VDD)
9	CS0	Çip seçimi
10	MISO	Veri çıkışı, ana giriş
11	IO9	GPIO9
12	IO10	GPIO10
13	MOSI	Ana çıkış, veri girişi
14	SCLK	Saat
15	GND	Toprak
16	IO15	GPIO15; MTDO; HSPICS; UART0 RTS
17	IO2	GPIO2; UART1_TXD
18	IO0	GPIO0
19	IO4	GPIO4
20	IO5	GPIO5
21	RXD	UART0_RXD; GPIO3
22	TXD	UART0_TXD; GPIO1

MCU

ESP8266EX, ekstra düşük güç tüketimi ve 16-bit RSIC özelliklerine sahip Tensilica L106 32-bit mikrodenetleyici (MCU) ile entegre edilmiştir. CPU saat hızı 80-160MHz değerleri arasında çalışabilmektedir. ESP8266EX, genellikle GPIO'ları aracılığıyla harici sensörler ve diğer özel cihazlarla entegre edilir [14].

Bellek

1. Dahili SRAM ve ROM

ESP8266EX WiFi SoC, SRAM ve ROM' u içerisinde bulunduran bellek denetleyicisi ile entegre edilmiş bir modüldür. MCU, bellek birimlerini iBus,

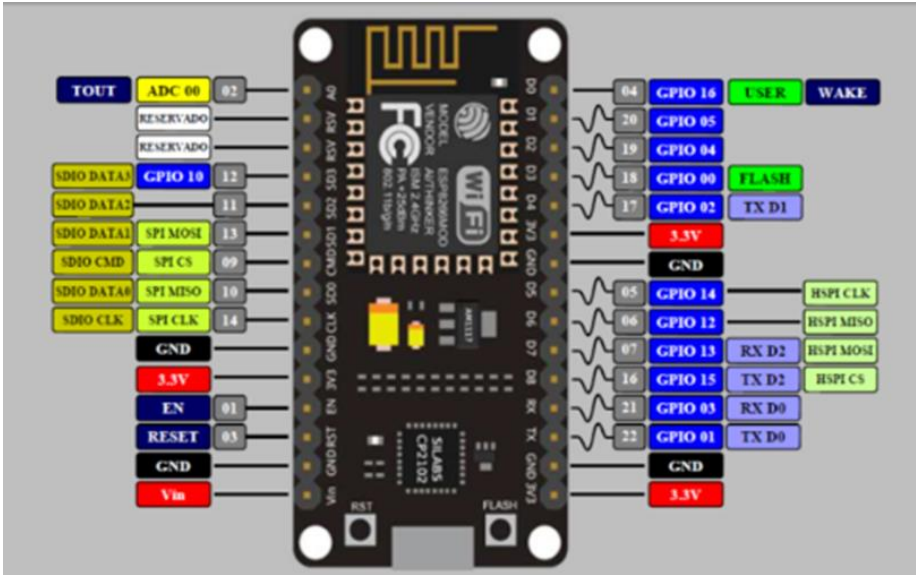
dBus ve AHB arabirimleri üzerinden ziyaret edebilir. Tüm bellek birimleri istenildiğinde ziyaret edilebilir fakat bellek ara bitleri bu taleplerin ne zaman alındığına göre çalışma sırasını belirler. Sağlanan SDK sürümüne göre kullanıcılara tahsis edilen SRAM alanı şu şekildedir:

- RAM boyutu 36 KB' dan küçüktür. Yani ESP8266EX istasyon modunda çalışırken ve yönlendiriciye bağlandığında, kullanıcının erişebileceği programlanabilir alan heap ve veri bölümünde yaklaşık 36kB'dir.
- SoC'da programlanabilir ROM bulunmamaktadır, bu nedenle kullanıcı programı harici bir SPI flaşında depolanmalıdır [14].

2. Harici SPI Flaş

Kullanıcının yapmış olduğu programlarını içerisinde buldurmak için 4 MB harici SPI flaşı ile geliştirilmiştir. Daha fazla depolama alanı için daha fazla kapasitede harici SPI flaş kullanılmalıdır. Maksimum 16 MB kapasiteye kadar kullanılabilir [14].

NodeMCU V3 üzerinde bulunan pinler:

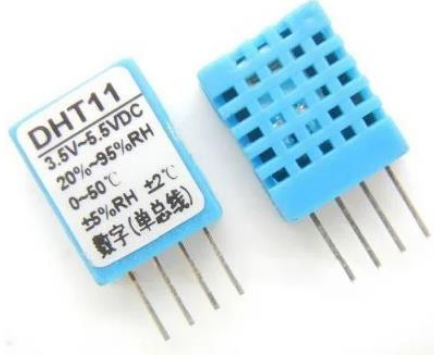


Şekil 8: NodeMCU V3 Üzerinde Bulunan Pinler [16]

D0-D8 arasında yer alan dijital pinleri ifade etmektedir. Kartta 9 tane dijital pin yer almaktadır. A0 olan pin analog pinini ifade eder. Şekilde yer alan dalgalı pinler PWM, düz olan pinlerde dijital pinler olduğunu göstermektedir. Güç pinler için de kartta 8 tane bulunmaktadır. Bunlardan üç tanesi 3,3V pini, dört tanesi GND diğer adıyla toprak pini ve kalan bir diğer pinde Vin pinidir.

2.3. Sıcaklık ve Nem Sensörü

DHT11, iç veya dış ortamdaki sıcaklık ve nem seviyelerini ölçmek için kullanılır. DHT11 sıcaklık ve nem sensörü ölçülen sıcaklık ve nem değerlerini dijital olarak sağlayan sensör çeşididir. Süreklilik sağlayacak çalışmalar için uygundur ve yüksek güvenilirliktedir. 8 bit mikroişlemcisi bulunmaktadır. Oldukça hızlı ve kaliteli tepki verir.



Şekil 9: DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü [17]

DHT11 sıcaklık ve nem sensörünün projede kullanılmasının sebebi hem sıcaklık hem de nemi aynı anda ölçebiliyor olmasıdır. Ortamın sıcaklık ve nem değerini ölçerek bitkinin yetişeceği ortamı ayarlayarak sağlıklı büyümesine yardımcı olmaktadır. Sensör değeri fazla geldiği anda sistemde bulunan fan devreye girecektir. Az olduğu anda ısıtma işlemi için kullanılan hava ısıtıcı fan devreye girip ortam dengesi sağlanana kadar çalışmaya devam edecektir.

Sensörünün içeriğine bakılacak olursa nem için uygun çözünürlüğü %1 Rh ve 8 bit, tekrarlanabilirlik aralığı (+- %1)'dir. Ölçebildiği hassasiyet aralığı 25 °C'de (+- %4 Rh), 0-50 °C'de ise maksimum seviyede (+- %5 Rh) değerlerindedir. Ölçüm aralığı 0°C 'de %30 Rh - %90 Rh, 25°C'de %20 Rh - %90 Rh, 50°C'de ise %20 Rh - %80 Rh'tır. Tepkime süresi de 6-15 saniye arası

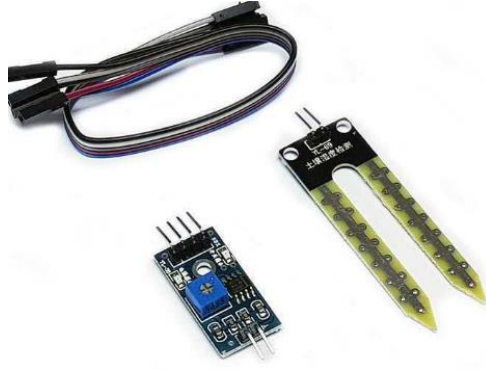
olarak belirlenmiştir. Sıcaklık içinde uygun olan çözünürlük 1°C ve 8 bittir. Tekrarlanabilirlik aralığı (+-%1)'dir. Hassasiyet aralığı ($+1^{\circ}\text{C}$ ve $+2^{\circ}\text{C}$) değerlerinde değişkenlik gösterebilir. Ölçebildiği sıcaklık değerleri $0-50^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Tepkime süresi ise 6-30 saniye arasındadır [17].

Tablo 4: DHT11 Sensörü Özellikleri [17]

	Minimum	Maksimum
Çalışma Gerilimi	3V	5,5V
Çalışma Akımı	0,5 mA	2,5 mA
Çalışma Akımı Ortalama	0,2 mA	1 mA
Bekleme Modu Akımı	100 uA	150 uA

2.4 Toprak Nem Sensörü Higrometre

Toprak nem sensörü, toprağın içerisinde bulunan nem değerini ölçmeye yarar. Aynı zamanda çok az bir miktardaki sıvının seviyesini de ölçebilmektedir. Sensörde bulunan probların ucu toprağa batırılır. Toprakta bulunan prob uçlarının arasında ortaya çıkan dirençten kaynaklı bir gerilim farkı meydana gelmektedir. Ortaya çıkan bu gerilim farkına göre de nem değeri gözlemlenebilmektedir. Nem oranı çoğaldıkça iletkenlik değeri de aynı şekilde artış göstermektedir. Kartın üst kısmında bulunan trimpot ile hassasiyet değeri ayarlanabilmektedir.



Şekil 10: Toprak Nem Sensörü [18]

Toprak nem sensörünün çalışma voltajı 3,3-5V aralığındadır. Çıkış voltajı da 0-4,2V olarak belirlenmiştir. Akım değeri ise 35 mA'dir. Dijital ve analog olarak iki ayrı çıkış pini bulunmaktadır. Kolay montaj için sabitleme deliği de bulunmaktadır. Küçük PCB boyutu 3 x 1,6 cm'dir. [18].

Sensörün projede yer almasının sebebi algılanan toprak nem değerine göre sulama işlemini devreye alınıp alınmayacağını belirlemek içindir. Toprak nem değeri istenilen aralıktan az olduğu zaman sistemde bulunan sulama işlemi devreye girer ve istenilen değere ulaşana kadar çalışmaya devam eder. Eşik değere geldiği anda sulama sonlanır. Eğer nem değeri fazla olursa soğutma için kullanılan fanlar devreye girer ve istenilen ortam elde edilir.

2.5 Mini Dalgıç Su Pompası

Toprak nem sensöründen gelen seviyeye göre sulama işleminin yapılması için otomatik olarak açılıp kapanır. Çalışma anında oldukça sessizdir ve düşük güç tüketimine sahiptir. Bu su pompası çalışma şartları zor olduğu takdirde bile su ve tozu geçirmemektedir. Sıvıyı saatte 120 litreye kadar aktarabilmektedir. Çalışma gerilimi DC' 2,5-6V, çalışma akımı ise 130-220 mA değerlerinde çalışmaktadır. Güç tüketimi 0,4-1,5W aralığındadır. Saatte 80-120 litre akış hızına sahiptir. Malzeme türü ise plastiktir. Giriş çapı 4,7 mm, çıkış çapı ise 7,5 mm'dir. Çalışma ömrü 500 saattir. Pompanın boyutları 45 (L) x 24 (W) x 33 (Y) mm'dir. Kablo uzunluğu 20 cm'dir. Beyaz renktedir ve maksimum su basma mesafesi 110 cm değerindedir [19].



Şekil 11: Mini Dalgıç Su Pompası [19]

Sera içinde bulunan toprak nem sensörü değeri istenilen değerden az olduğu zaman su pompası çalışarak sulama işlemini devreye sokar. İstenilen seviyeye geldiği zaman sulama işlemi sonlanır ve toprak nemi azalana kadar çalışmaz.

2.6 LCD Ekran-TC1602

LCD, yani diğer adıyla sıvı kristal ekran olarak bilinen bir görüntü teknolojisi olarak sınıflandırılır. Piyasa bilindiği üzere satır ve sütun sayıları ile gösterilirler. Bu ekran sayesinde kullanıcıya istenen mesaj iletilebilir. Projede kullanılan sensörlerden alınan değerleri kullanıcının görebilmesi için kullanılmıştır.



Şekil 12: LCD Ekran [20]

LCD ekran +5V giriş gerilimi ile çalışabilmektedir. Back Lighting (arka aydınlatma) özelliğine sahiptir. LCD arka fon ışığı olmadan 4 mA akım çekebilmektedir. Boyutları 80 x 36 x 9.4 mm ölçülerindedir. Çalışma sıcaklığı -20°C ile +70°C arasındadır [20].

Tablo 5:LCD Ekran Bağlantıları [20]

LCD Pin	Sembol	Bağlantı
1	Vss	GND
2	Vdd	+5V
3	Vo	Konstast ayarı
4	RS	Register seçme pini
5	R/W	Data read/write pini
6	E	Enable pini
7	DB0	Data Bus 0
8	DB1	Data Bus 1
9	DB2	Data Bus 2
10	DB3	Data Bus 3
11	DB4	Data Bus 4
12	DB5	Data Bus 5
13	DB6	Data Bus 6
14	DB7	Data Bus 7
15	A	LED arka ışık anot (+5V)
16	K	LED arka ışık katot (GND)

2.7 12V DC Fan

Sera içinde bulunan DHT11 sıcaklık ve nem sensöründen gelen veriye göre ortam ısısı çok fazla olduğu anda 12V DC fanlar devreye girer ve ortam ısısını düşürerek istenilen değere gelene kadar çalışır. LCD ekrandan bu değer takip edilir ve istenilen değer görüldüğü anda fanların çalışması sonlanır. Bu projede 2 adet 12V DC fan kullanılmıştır.



Şekil 13: 12V DC Fan [21]

Ürün özelliklerine bakılırsa çalışma gerilimi 12V DC, akım değeri 0,28 A'dir. Üzerinde bulunan kablo sayısı 2 adettir. Fan 120x120x25 mm boyutlarındadır. [21]

2.8 Mini PTC Fan Isıtıcı

Mini PTC fanlı hava ısıtıcısı çalışma voltajı AC220V, güç değeri 150W +-25% ve sıcaklık hatası +-10°C aralığındadır. Kullanım için küçük bir alana yerleştirmek yeterlidir. Mini hava ısıtıcısının dış kısmında yalıtımlı ve yüksek sıcaklığa dayanıklı güçlendirilmiş naylon kabuk kullanılmıştır. Bu ısıtıcıya güç verildikten sonra elektrik enerjisini hızlı bir şekilde ısıya dönüştürebilir ve ortamı kısa sürede ısıtabilir. Ürünün boyutları 60x60x48mm ölçülerindedir. Tel uzunluğu 20 cm'dir. Ürün 0,17 kilogram ağırlığındadır.



Şekil 14: Mini PTC Fan Isıtıcı [22]

2.9 Ultraviyole LED

Ultraviyole LED'ler 12V gerilimindedir. Metresinde 120 adet LED bulunmaktadır. Dalga boyu 395-400 nanometre değerlerindedir. Bu ledler ile gece boyu bitkinin ihtiyacı olan fotosentez ihtiyacı karşılanabilmektedir.



Şekil 15: UV LED [23]

1.10 Beyaz LED

LED şerit 5 m uzunluğundadır. 14.4W/m güç ve 12V DC çalışma voltajına sahiptir. SMD led teknolojisi, IP20 koruma sınıfı özellikleri mevcuttur. -25 °C ile +45 °C sıcaklıkları arasında çalışır. 1 metrede 60 LED bulunmaktadır. 1 metrede ışık akısı 750 lümen dir.



Şekil 16: Beyaz LED [24]

3. YÖNTEM

Yapılan akıllı sera tasarımı prototipinde birden fazla sistemden yararlanılmıştır. Serada yetişen bitkilerin su ihtiyacı için sulama sistemi, ortam sıcaklığı ve nemi fazla olduğu zaman devreye girip ortamın istenilen seviyeye gelmesi için havalandırma sistemi, ortam ısısı düştüğü zaman bitkinin soğuktan etkilenmemesi için ısıtma sistemi ve bitkinin güneş ışığı olmadan da fotosentez ihtiyacını karşılaması ve ortamın aydınlık olması için aydınlatma sistemi kurulmuştur.

Sera prototipi için metal profil ve alt kısmı için sac kullanılmıştır. İçerisine bitki yetiştirmek için 3 adet saksı kullanılmıştır. Saksıların içerisine her birine toprak nem sensörü koyulmuştur. Alınan DHT11 sensörlerin biri iç sıcaklığı ölçmesi açısından seranın iç kısmına yerleştirilmiştir. Diğer sensör de dış sıcaklığı ölçmesi için seranın dışına belirlenen yere yerleştirilmiştir. Seranın üst kısmına aydınlatma için UV LED ve beyaz led şerit döşenmiştir. Sistemde yer alan sensör verilerini görmek için dış kısma LCD ekran yerleştirilmiştir. Soğutma için yer alan 2 adet 12V DC fanlar da seranın dış yüzeyine monte edilmiştir. Sulama işleminin gerçekleşmesi için seranın iç kısmına bir su deposu

yerleştirilmiştir. Suyun hortumdan akışını sağlamak için su deposunun iç kısmına su pompası sabitlenmiştir. Isıtma işlemi için seranın iç kısmına uygun yere mini PTC ısıtıcı fan monte edilmiştir.



Şekil 17: Akıllı Sera Modeli Üstten Görünüm

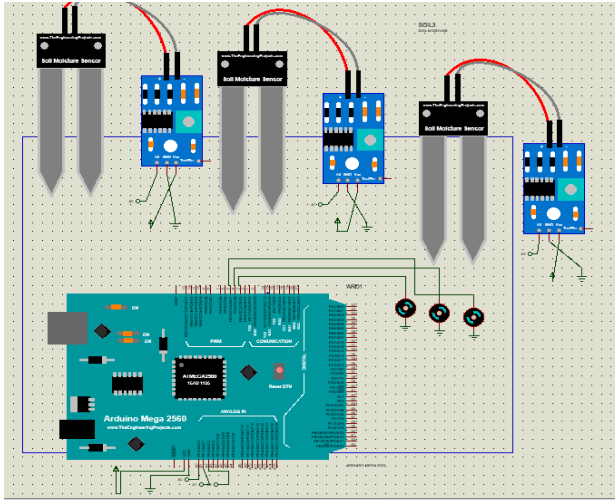


Şekil 18: Akıllı Sera Modeli Dışarıdan Görünüm

Yukarıdan verilen görsellerde akıllı sera modeli bulunmaktadır. Projede gerçekleştirilmesi istenen her sistem yer almaktadır. Şekil 16'ya bakıldığında soğutma sistemi için 2 adet 12V DC fan bulunmaktadır. Karşı yüzeyde de sistemin çalışması için kurulan elektronik devrenin korunmasını sağlama amaçlı bir kutu monte edilmiş ve yan kısmına da ısıtma sistemi için mini ısıtıcı fan yer almaktadır. İç kısmına da bitkilerin yetişmesi için saksılar monte edilmiştir.

3.1 Sulama Sistemi

Serada yetişen bitkilerin yaşamalarını ve büyümelerini devam ettirebilmeleri için su önemli bir ihtiyaçtır. Yetişen bitkilerin su ihtiyacını karşılamak için sulama sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde 3 adet toprak nem sensörü kullanılmıştır. Nem sensöründen gelen veriler sistemde yer alan LCD ekrandan takip edilir. Saksılara batırılan toprak nem sensörlerinden gelen verilere göre sulama işlemi gerçekleştirilecektir. Bitkinin büyümesi için gerekli olan nem seviyesinin altında olduğu anda sistemde bulunan mini dalgıç su pompası devreye girer ve istenilen değere gelene kadar pompa çalışır. Girilen değere ulaştığı anda pompa devre dışı kalır ve sulama işlemi sonlanır. Sulama sisteminin modellenmesi Şekil 19' da gösterilmektedir.



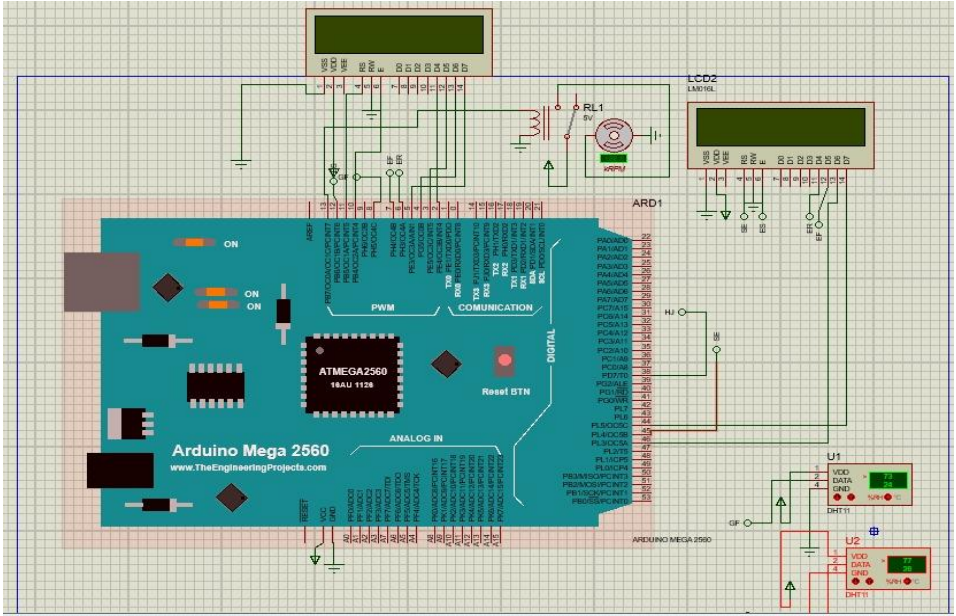
Şekil 19: Arduino Mega 2560 R3 ve Toprak Nem Sensörleri Pin Bağlantıları



Şekil 20: Sulama Sistemi Modeli

3.2 Soğutma Sistemi

Sera ortamının ısı dengesi de büyük önem taşır. Ortam sıcaklığı ve nem düzeyi fazla olduğu zaman bitki buruşmaya başlar ve büyüyemez. Bu düzey az olduğu anda ise bitki donar ve ölür. Bu durumun önüne geçmek ve sera ortamının sıcaklık ve nem değerlerinin dengede kalması için soğutma sistemi tasarlanmıştır. Bu sistemde DHT11 sıcaklık ve nem sensörü ve 2 adet 12V DC fan kullanılmıştır. Sensörden alınan verilere göre ortam sıcaklığı arttığı anda sistemde bulunan fanlar devreye girerek ortam sıcaklık ve nemini dengede tutmaya çalışır. Ortam ısısı istenilen değere geldiğinde fanlar kapanır ve soğutma işlemi son bulur. Soğutma sisteminin modellenmesi Şekil 21’de gösterilmiştir.



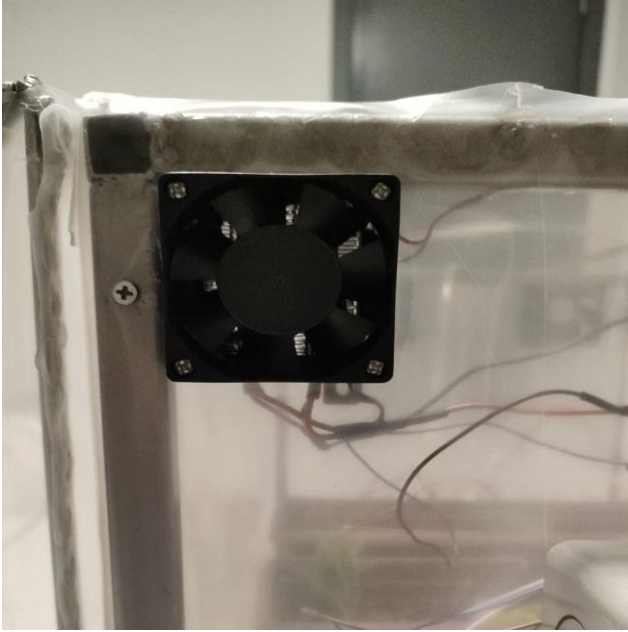
Şekil 21: Arduino Mega 2560 R3, DHT11 ve LCD Ekran Pin Bağlantıları



Şekil 22: Soğutma Sistemi Modeli

3.3 Isıtma Sistemi

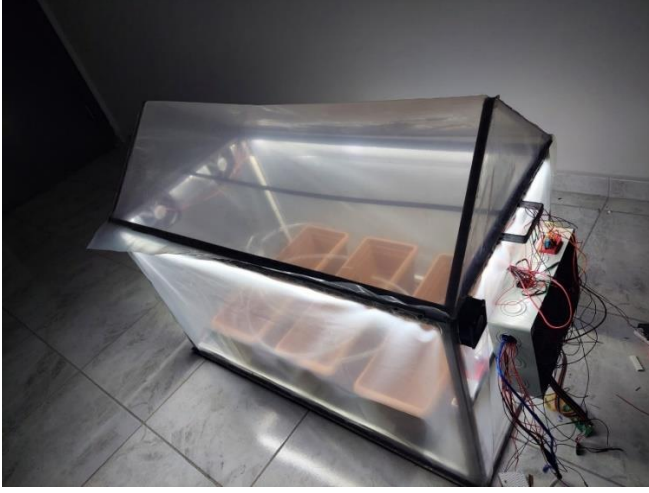
Soğuk ortam koşullarında ya da ortam nem ve sıcaklık değeri düştüğü anlarda ısıtma sistemi devreye girer. DHT11 sensöründen alınan veri istenilen değer altına düştüğü zaman sera içinde bulunan mini hava ısıtıcı fan devreye girerek ortam ısısını istenen değere getirene kadar çalışmaya devam eder. Sistem girilen değere ulaştığı anda ısıtıcı devre dışı kalır ve ısıtma sistemi sonlanır. Isıtma sisteminin modellenmesi Şekil 22’ de gösterilmiştir.



Şekil 23: Isıtma Sistemi Modeli

3.4 Aydınlatma Sistemi

Sera içi aydınlatmada diğer sistemler kadar gereklidir. Bitki büyüme ve gelişme için ışığa ihtiyaç duyar. Bu ihtiyacı karşılamak için serada aydınlatma sistemi tasarlanmıştır. Seranın aydınlık olması için üst kısmına beyaz şerit led döşenmiştir. Üretici gece veya gündüz istediği zaman diliminde gelip bitkiyi kontrol edebilmektedir. Bitkinin gündüz olduğu gibi gece de fotosentez ihtiyacını karşılamak ister. Bu sebeple gece boyu da fotosentez yapabilmesi için UV LED kullanılmıştır. Aydınlatma sisteminin modellenmesi Şekil 23 ve Şekil 24’ te yer almaktadır.



Şekil 24: Aydınlatma Sistemi Modeli



Şekil 25: UV LED ve Beyaz LED'in sabitlenmiş gösterimi

3.5 ThingSpeak Uygulama

Sistemde kullanılan sensör verilerinin kullanıcı tarafından görülmesi için ThingSpeak uygulamasından yararlanılmıştır. ThingSpeak, nesnelerin interneti tabanlı geliştirilmiş bir uygulamadır. Uygulamaya bağlı donanımların değerleri

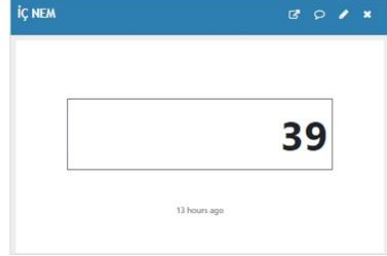
uzaktan erişimle gözlemlenebilmektedir. Kullanılan sensör verilerini okuyarak görselleştirebilir ve bu verileri kendi belleğinde depolayabilir. Bu uygulama ile prototipte kullanılan sıcaklık ve nem sensörlerinden ve toprak nem sensörlerinden gelen değerleri mobil uygulama ile takibini yapabilecektir. Ayrıca sıcaklık ve nem değerlerine göre de sıcaklık-zaman grafiği oluşturabilecektir.

4. SONUÇ

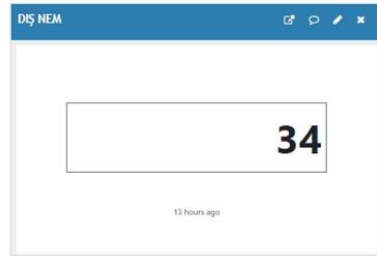
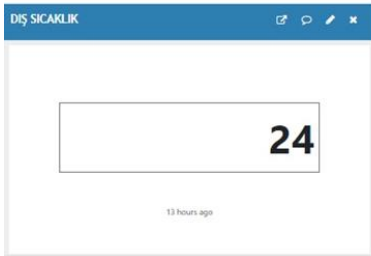
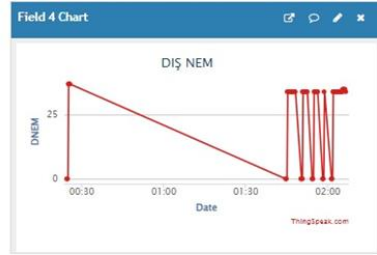
Akıllı sera tasarım ve üretimi projesinde yapılan sera prototipi, elektronik devre, Wi-Fi ve Bluetooth modülü ile sistem takibinin modellenmesi yapılmıştır. Bu model ile serada yetişecek bitki için uygun ortam sağlanmış ve bitkinin dış etkenlerden etkilenmemesi için gerekli sistemler tasarlanmıştır. Böylece iç ve dış olaylardan doğacak sorunların kontrolü ile bitkiden daha fazla verim alınacağı görülmüştür.

Yapılan sera modeli ile üreticinin iş yükü azalmıştır. Geliştirilen sera modeli, geleneksel sera yönetiminden farklı olarak otomatik sistemlerle donatılmıştır. Bu sayede üretici, manuel olarak serayı sürekli kontrol etme ihtiyacı duymadan daha etkili bir şekilde üretim gerçekleştirebilmektedir. Sensörlerden gelen veriler de mobil uygulama sayesinde serada oluşan olumsuz durumlar takip edilebilmektedir. Bu şekilde üretici uzaktan erişimle serada yaşanan olayları gözlemleyebilmektedir.

Proje sonuçlarına göre, gerçekleştirilen akıllı sera tasarımı ve otomatik kontrol sistemleri ile modellenen prototipte geleneksel yöntemle üretilen bitkilere kıyasla verimli yetişmesi için uygun ortam sunmaktadır. Uzaktan erişim sayesinde üretici, serada bulunan sensör verilerinin sonucuna göre olumsuz bir durum olduğunu gözlemleyerek müdahale edebilecektir. Modern teknolojiyle entegre edilen akıllı sera modeli, tarımsal faaliyetlerde daha etkili ve kontrol edilebilir bir çözüm sunabilmektedir.



Şekil 26: İç Sıcaklık ve Nem Grafiği ve Değerleri



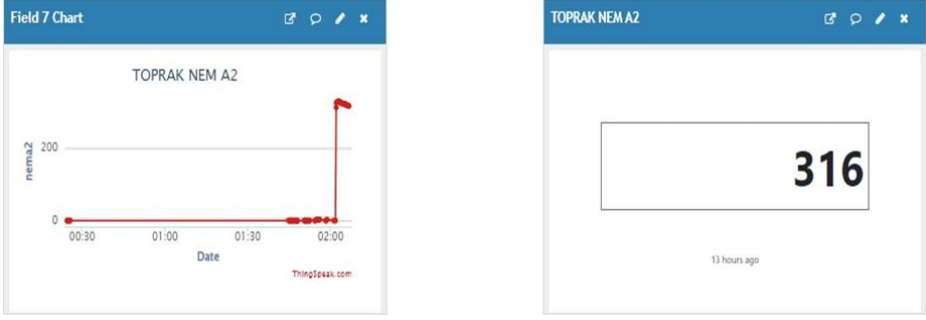
Şekil 27: Dış Sıcaklık ve Nem Grafiği ve Değerleri



Şekil 28: Toprak Nem A0 Grafiği ve Değeri



Şekil 29: Toprak Nem A1 Grafiği ve Değeri



Şekil 30: Toprak Nem A2 Grafiği ve Değeri

Yukarıdaki grafiklerde sera prototipinde kullanılan DHT11 ve toprak nem sensörlerinden gelen verilere göre ThingSpeak uygulamasından grafikler oluşturulmuştur. Çıkan değerlerde 13.01.2024 tarihinde saat 02:25'te son ölçülen değerlerdir.

KAYNAKÇA

- [1]: Elmaslı, İ. (2022). Akıllı Sera Kontrolü İçin Farklı Verim Aktarım Sistemlerinin Karşılaştırılması (İstanbul Aydın Üniversitesi).
- [2]: Ersin, Ç. (2015). Arduino mikrodenetleyici ve güneş enerjisi ile çalışan otomatik bitki sulama sistemi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- [3]: Özkan, Ş. (2014). 2012-2013 Yıllarında Türkiye'nin Akdeniz Bölgesinde Gelişmekte Olan "Topraksız" Tarım Ürünlerinin Bugünkü Durumu ve Gelecekte İlgili Tahminler:"Domates ve Çilek" Üretimi Üzerine Bir Araştırma (Doctoral dissertation).
- [4]: Şimşek Dilbaz, A. (2017). Design and implementation of a smart greenhouse (Master's thesis, Middle East Technical University).
- [5]: <https://www.resifsera.com/sera-modelleri/ekonomik-seralar>
- [6]: https://adana.tarimorman.gov.tr/Belgeler/SUBELER/bitkisel_uretim_ve_bitki_sagligi_sube_mudurlugu/sebze_yetistiriciligi_ve_mucadelesi/Domates.pdf
- [7]: <https://tarfin.com/blog/salatalik-yetistiriciligi-nasil-yapilir>
- [8]: <https://www.hortiturkey.com/bitki-yetistiriciligi/marul-yetistiriciligi>
- [9]: <https://tarfin.com/blog/maydanoz-yetistiriciligi-nasil-yapilir>
- [10]: <https://tarfin.com/blog/biber-yetistiriciligi-nasil-yapilir>
- [11]: <https://www.ufuktarim.com/lahana-yetistiriciligi>
- [12]: <https://www.robotistan.com/orjinal-arduino-mega-2560-r3-yeni-versiyon-1>
- [13]: Arduino Mega 2560 R3 Datasheet
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1425035/ETC/MEGA-2560.html>
- [14]: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/1179099/ETC2/ESP12E.html>
- [15]: <https://www.robotistan.com/nodemcu-lolin-esp8266-gelistirme-karti>
- [16]: <https://resultuzen.com/blog/2018/01/11/nodemcu-1/>
- [17]: DHT11 <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1440068/ETC/DHT11.html>
- [18]: <https://www.hatfon.com/urun/arduino-toprak-nem-sensoru-higrometre>
- [19]: <https://www.robotistan.com/mini-dalgic-pompa-6v-120-litresaat>

- [20]: <https://www.robotistan.com/2x16-lcd-ekran-mavi-uzerine-beyaz>
- [21]: <https://www.robotistan.com/120x120x25mm-fan-12v-0>
- [22]: https://www.amazon.com.tr/dp/B0CD6QH8PQ?psc=1&ref=ppx_yo2ov_dt_b_product_details
- [23]: <https://www.hazarled.com/urun/12v-uv-ultraviyole-serit-led-2835-smd-metrede-120-led-black-light-1-mt>
- [24]: <https://www.dekonil.com/beyaz-serit-led>

BÖLÜM 4

BEYİN TÜMÖRÜ SINIFLANDIRMASI İÇİN DERİN ÖĞRENME UYGULAMALARI

Bahar ÇİFTÇİ¹

¹ Siirt Üniversitesi, Rektörlük, Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi, Siirt, Türkiye, bahar.ciftci@siirt.edu.tr, (0000-0001-5976-6236)

1. GİRİŞ

Beyin tümörleri, merkezi sinir sisteminin en kritik bozukluklarından biri olup, dünya çapında önde gelen ölüm nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu tümörlerin doğru ve erken teşhisi, tedavi planlaması ve hastanın yaşam süresinin uzatılması açısından hayati önem taşımaktadır. Özellikle geleneksel yöntemlerle beyin tümörlerinin tespiti ve sınıflandırılması süreci, tıbbi görüntüleme ve teşhis alanında önemli bir zorluk olmaya devam etmektedir. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) taramalarının manuel olarak incelenmesini içeren geleneksel teknikler zaman alıcıdır ve insan hatasına açıktır, bu da potansiyel yanlış teşhislere yol açabilmektedir. Yapay Zekâ (YZ) alanındaki gelişmiş teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte, beyin tümörü sınıflandırmasında daha yüksek doğruluk ve verimlilik vaat eden yeni metodolojiler geliştirilmektedir .

Derin Öğrenme (DÖ) yöntemleri; tıbbi görüntülemede önemli bir potansiyel göstermiş, teşhis sürecini otomatikleştirirken yüksek doğruluğu da beraberinde koruyabilen araçlar sunmuştur. Özellikle Evrişimli Sinir Ağları (CNN'ler), beyin tümörlerinin sınıflandırılması da dahil olmak üzere tıbbi teşhiste çeşitli sorunları ele almak için yaygın olarak benimsenmiştir. Bu modeller, giriş verilerinden doğrudan hiyerarşik özellikleri öğrenme avantajına sahiptir, bu da farklı beyin tümörü türleri arasında ayırım yapmak ve hatta bunları tümörsüz dokulardan ayırt etmeyi kolaylaştırmaktadır (Çınarer et al., 2020).

Literatürde; beyin tümörü sınıflandırmasını geliştirmek için çeşitli DÖ mimarileri ve yaklaşımları araştırılmıştır. Örneğin, ResNet50, InceptionV3, VGG16, gibi modeller, farklı beyin tümörü türlerini tanımlamada ve sınıflandırmada umut verici sonuçlar göstermiştir (Cınarer & Emiroglu, 2019). Bu modeller, binlerce görüntüden oluşan büyük veri setlerini kullanarak, belirli tümör türlerinin göstergesi olan karmaşık desenleri tanımak üzere eğitilebilmektedir. Veri artırma ve transfer öğrenimi gibi gelişmiş teknikler, bu modellerin performansını daha da artırmış, farklı veri setleri ve klinik ortamlar arasında genelleme yapılmasına olanak tanımıştır (Chang et al., 2018).

DÖ'nin beyin tümörü sınıflandırmasındaki uygulaması sadece ikili tespitle sınırlı kalmayıp, çok sınıflı sınıflandırma problemlerine de uzanmaktadır. Modeller, düşük dereceli gliomlar ve yüksek dereceli gliomlar gibi tümörleri çeşitli derecelere göre sınıflandırmada başarıyla kullanılmıştır,

bu da uygun tedavi planlarının belirlenmesi için kritik öneme sahiptir (Chang et al., 2018). CNN'lerin LSTM (Uzun Kısa Süreli Bellek) gibi Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN) ile birleştirilmesi, görüntülerdeki zamansal bağımlılıkları yakalamak için güçlü bir çerçeve sağlamış, böylece sınıflandırma performansını iyileştirmiştir .

Bu DÖ modellerinin katkıları önemlidir ve tıbbi teşhis için paradigma değişikliği potansiyeli sunmaktadır. Radyologlara kesin ve hızlı tanı yardımı sağlayarak iş yükünü azaltmayı ve sağlık uzmanlarının tedavi planlaması ve hasta bakımına daha fazla odaklanmasını sağlamayı vaat etmektedir. DÖ algoritmalarındaki sürekli ilerlemelerle, beyin tümörü sınıflandırmasının geleceği umut verici görünmekte, gelişmiş tanı doğruluğu ve hızı sayesinde daha iyi hasta sonuçları sunmaktadır.

2. BEYİN TÜMÖRÜ VERİ SETLERİ

DÖ tabanlı beyin tümörü sınıflandırma çalışmaları, genellikle belirli veri setlerine dayanmaktadır. Bu veri setleri, araştırmacıların çeşitli DÖ modellerini eğitmesine ve doğrulamasına olanak tanımaktadır. Aşağıda, beyin tümörü sınıflandırması için yaygın olarak kullanılan veri setleri ve bu veri setlerine dayalı çalışmalar özetlenmiştir. Veri setleri hakkında detaylı bilgiler alt bölümlerde verilmiştir.

2.1. BRATS (Brain Tumor Segmentation) Veri Setleri

BRATS (Brain Tumor Segmentation) veri seti, beyin tümörlerinin sınıflandırılması ve segmentasyonu alanında en çok kullanılan ve en kapsamlı veri setlerinden biridir. 2012 yılından bu yana her yıl güncellenen ve "Multimodal Brain Tumor Segmentation Challenge (BRATS) yarışması kapsamında sunulan bu veri seti, beyin tümörlerinin otomatik tespiti ve sınıflandırılmasını hedeflemektedir².

BRATS veri seti, dört farklı MRI modalitesinden oluşan çok modelli taramaları içermektedir: T1-ağırlıklı (T1), kontrast artırılmış T1-ağırlıklı (T1Gd), T2-ağırlıklı (T2) ve FLAIR (Fluid Attenuated Inversion Recovery). Bu modaliteler, beyin tümörlerinin farklı yapısal özelliklerini vurgulamak için kullanılmaktadır. Bu veri seti ayrıca; üç ana beyin tümörü bölgesinin

² <http://www.brain tumor segmentation.org/>

segmentasyonunu içermektedir: tümör çekirdeği (nekrotik ve güçlendirilmeyen tümör çekirdeği), gelişen tümör ve tüm tümör kitlesi (çevresel ödem dahil). Bu üç bölgenin doğru segmentasyonu, beyin tümörlerinin doğru bir şekilde sınıflandırılması ve klinik karar süreçlerinde kullanılabilmesi için hayati önem taşımaktadır. Uzmanlar tarafından manuel olarak belirlenmiş ve doğruluğu onaylanmış etiketli MRI görüntüleri içeren bu veri setleri, hem akademik araştırmalarda hem de klinik uygulamalarda oldukça değerlidir. BRATS veri setinin yıllar içinde farklı versiyonları yayımlanmış olup, bu versiyonlar genellikle BRATS 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 ve 2021 olarak adlandırılmıştır.

Veri setinin ilk versiyonları olan; BRATS 2012 ve 2013, az sayıda vaka içerdiği için; temel segmentasyon tekniklerini test etmek için kullanılmıştır. BRATS 2014, 2015 ve 2016'da brüt tümör hacmi (GTV) segmentasyonuna odaklanılmıştır. Bu sürümlerde, açıklama eklenen vaka sayısında artış ve açıklamaların kalitesi ve tutarlılığında iyileşmeler görülmüştür. Veri seti ayrıca hem düşük dereceli (LGG) hem de yüksek dereceli gliomları (HGG) içermeye başlamış ve klinik senaryoları daha iyi temsil eder hale gelmiştir. BRATS 2017'de daha fazla vaka sunulmuştur. Ayrıca daha gelişmiş ML ve DÖ modellerini teşvik etmek amacıyla daha sağlam bir değerlendirme çerçevesi sunmuştur. BRATS 2018 ve 2019'da, ek vakalar ve ön işleme adımları dahil edilmiştir. BRATS 2019, 2020 ve 2021 sürümleri, veri setine daha fazla etiketlenmiş vaka ekleyerek, daha gelişmiş ön işleme ve normalleştirme adımları içermiştir. BRATS veri setinin her sürümü, segmentasyon görevlerinin iyileştirilmesine, açıklama kalitesinin artırılmasına ve veri setinin kapsamının daha çeşitli vakaları içerecek şekilde genişletilmesine katkıda bulunmuştur.

2.2. Figshare Beyin Tümörü Veri Seti

Figshare Beyin Tümörü veri seti, özellikle beyin tümörlerinin segmentasyonu ve sınıflandırılması için tıbbi görüntü analizinde araştırmayı kolaylaştırmak üzere tasarlanmış açık erişilebilir bir kaynaktır³. Figshare platformunda barındırılan bu veri seti, beyin tümörü hastaları için tanı ve tedavi planlamasını otomatikleştirmeyi amaçlayan MÖ ve DÖ modellerinin geliştirilmesini destekleyen ayrıntılı açıklamalara sahip beyin MRI taramaları

³ https://figshare.com/articles/dataset/brain_tumor_dataset/1512427/5

verilerini içermektedir. Figshare Beyin Tümörü veri seti, T1 ağırlıklı (T1), kontrastlı T1 ağırlıklı (T1c), T2 ağırlıklı (T2) ve FLAIR gibi farklı modaliteleri kapsayan çeşitli MRI taramaları içermektedir. Ayrıca; beyin tümörlerinin en yaygın ve agresif formları arasında yer alan gliomlar da dahil olmak üzere çok çeşitli tümör görünümleri, boyutları ve türleri sunan birden fazla hastadan alınan görüntüleri içermektedir. Veri seti 233 hastadan (82 erkek, 89 Glioma, 62 PT) alınan, 3064 görüntü (708 erkek, 1426 Glioma, 930 PT) içermektedir. Bu veri setinin açık erişimli olması, araştırmacılar arasında iş birliğini teşvik etmekte ve beyin tümörü analizi için daha sağlam ve genelleştirilebilir algoritmaların geliştirilmesini desteklemektedir.

2.2. TCIA (The Cancer Imaging Archive) Veri Seti

TCIA, tıbbi görüntüleme alanında kullanılan kapsamlı bir veri arşividir⁴. Beyin, akciğer, prostat gibi çeşitli kanser türlerine yönelik araştırmaları desteklemek amacıyla farklı kanser türlerinin görüntülerini barındırmaktadır. Bu veri seti, hem yüksek dereceli hem de düşük dereceli gliomlar gibi çeşitli beyin tümörleri tanısı almış hasta gruplarına ait MRI taramalarını içermektedir. Ayrıca, hasta yaşı, cinsiyeti ve tümör tipi gibi bilgiler de yer almakta olup, bu veriler analiz ve çalışmalarda değerli katkılar sağlamaktadır. Veri seti, uzman radyologlar tarafından manuel olarak yapılan segmentasyonları içermekte; bu segmentasyonlar arasında, artan tümör bölgeleri, tümör çekirdeği ve çevresel ödem gibi kritik alanlar bulunmaktadır. Bu ayrıntılı açıklamalar, segmentasyon algoritmalarının geliştirilmesi ve doğrulanması için büyük önem taşımaktadır.

2.3. REMBRANDT (Repository for Molecular Brain Neoplasia Data) Veri Seti

REMBRANDT veri seti, TCIA veri arşivinde yer alan bir veri setidir⁵. Veri seti, beyin tümörü, LGG ve HGG olarak kategorize edilen gliomları olan 130 hastadan alınmış 110,000 MR kesiti klinik verilerini içermektedir (Madhavan et al., 2009). Hastaların yaşları 15 ile 89 arasında olup olup, hastaların ortalama sağ kalım süresi 47 aydır. Veri setinin tamamı T1W, T2W, FLAIR, Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme (DWI) gibi farklı MRI

⁴ <https://www.cancerimagingarchive.net/>

⁵ <https://www.cancerimagingarchive.net/collection/rembrandt/>

protokollerinden ve bunların alt tiplerinden oluşmaktadır. Dilimlerin tümü uzmanlar tarafından manuel olarak etiketlenmiştir (Clark et al., 2013).

2.4. TCGA (The Cancer Genome Atlas Program) Veri Seti

Kanser Genom Atlası (TCGA) Programı, kanser genetiğinin anlaşılmasını geliştirmek için tasarlanmış kapsamlı, çok boyutlu bir veri setidir⁶. 2006 yılında Ulusal Kanser Enstitüsü (NCI) ve Ulusal İnsan Genomu Araştırma Enstitüsü (NHGRI) arasında ortak bir araştırma olarak başlatılan TCGA, kanser araştırmaları için sağlam bir kaynak sağlamak üzere çeşitli kanser türlerini ve alt tiplerini toplamış, karakterize etmiş ve analiz etmiştir (Weinstein et al., 2013). Veri seti, görüntüleme verilerinin yanı sıra hasta demografisi (yaş, cinsiyet), tümör derecesi, tedaviler ve sağ kalım sonuçları dahil olmak üzere kapsamlı klinik veriler içermektedir. Tüm ekzom dizilimi (WES) ve gen ekspresyon profilleri gibi genomik veriler de dahil edilerek tümörlerin moleküler özelliklerinin bütünsel bir görünümünü sunmaktadır. Bu genomik bilgiler, tümör gelişimi ve ilerlemesinin genetik temellerinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.

3. İLGİLİ VERİ SETLERİYLE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Beyin tümörü sınıflandırması için literatürdeki en yaygın kullanılan veri setleriyle ilgili gerçekleştirilen çalışmalar araştırılmıştır. Çalışmalarda kullanılan DÖ yöntemleri, Cross-validation gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği, gerçekleştirildiyse; hangi oranlarda yapıldığı, ön işleme yöntemleri ve varsa veri artırma teknikleri detaylı olarak incelenmiştir.

Literatürde bazı çalışmalarda; birden fazla veri seti birleştirilip, sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Fakat bu çalışmada, veri setleri özel olarak ele alınıp araştırıldığı için karışıklık yaratmaması adına, birden fazla veri seti ile gerçekleştirilen çalışmalar dahil edilmemiştir.

Bu çalışmada; BRATS veri setini kullanan 10, Figshare Beyin Tümörü veri setini kullanan 15, TCIA veri setini kullanan 5, REMBRANDT veri setini kullanan 5 ve TCGA veri setini kullanan 4 çalışma analiz edilmiştir.

⁶ <https://www.cancer.gov/ccg/research/genome-sequencing/tcga>

Tablo 1’de BRATS veri seti kullanılan çalışmalarla ilgili bilgiler ve sonuçlar yer almaktadır. Buna göre; bu veri setiyle gerçekleştirilen çalışmalarda en başarılı sonuçları; Amin ve arkadaşları (Amin, Sharif, Anjum, et al., 2020), Ragupathy ve Karunakaran (Ragupathy & Karunakaran, 2021) elde etmişlerdir.

Tablo 1. BRATS veri seti kullanılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar

Referans	Veri Seti	Önerilen Yöntem	Validation	Ön işleme-Veri arttırma	Doğruluk
(Amin, Sharif, Gul, et al., 2020)	BRATS 2012 BRATS 2013 BRATS 2015	DWT+23-Katmanlı CNN	-	Gürültü Giderme(kısmi diferansiyel difüzyon filtresi (PDDF))	0.97 0.98 0.97
(Amin, Sharif, Anjum, et al., 2020)	BRATS 2013 BRATS 2014 BRATS 2015 BRATS 2016 BRATS 2017	CNN	-	Normalizasyon	0.99 0.95 0.99 0.95 0.97
(Khan et al., 2020)	BRATS 2015 BRATS 2017 BRATS 2018	VGG 16+VGG19	10-fold Cross-validation	Kontrast Ayarlama Histogram İyileştirme Ayrık Kosinüs Dönüşümü	97.8 96.9 92.5
(Rehman et al., 2021)	BRATS 2017 BRATS 2018	3D CNN	-	Bias alan düzeltmesi Normalizasyon Döndürme Görüntü büyütme, küçültme Parlaklık ayarlama	0.96 0.92
(Ragupathy & Karunakaran , 2021)	BRATS 2015	CNN+ Çoklu Çekirdek K Ortalamalar 1 Kümelemes	-	Histogram eşitleme Kontrast Ayarlama	0.99

		i (MKKMC)			
(Ge et al., 2020)	BRATS 2017	CNN	-	Çevirme(Translation) Yansıma(Reflection)	0.90
(Alla & Athota, 2022)	BRATS 2018	YOLOv5	-	Yeniden Boyutlandırma Grayscale Dönüşüm Döndürme Parlaklık ayarlama Gürültü ekleme	0.85
		FAST-AI			0.95
(Rajasekaran Kavitha et al., 2023)	BRATS 2019	Shuffled-YOLO	-	Gürültü kaldırma(scalable range-based adaptive bilateral filter (SCRAB)) Kafatası Soyma(Skull Stripping)	0.97
	BRATS 2020				0.98
(Ahuja et al., 2020)	BRATS 2019	VGG 19	5-fold Cross-validation	Normalizasyon Yeniden Boyutlandırma Format Dönüşümü Gürültü kaldırma Kafatası Soyma(Skull Stripping) Ölçekleme DöndürmeÇevirme(Translation)	0.934
(Hao et al., 2021)	BRATS 2019	Pretrained AlexNet-Transfer Öğrenme	-	Yeniden Boyutlandırma Kafatası Soyma(Skull Stripping)	0.82 (AUC)

Tablo 2’de Figshare Beyin Tümörü kullanılan çalışmalarla ilgili bilgiler ve sonuçlar yer almaktadır. Buna göre; bu veri setiyle gerçekleştirilen çalışmalarda en başarılı sonuçları; Alaraimi ve arkadaşları (Alaraimi et al., 2021) elde etmişlerdir.

Tablo 2. Figshare Beyin Tümörü veri seti kullanılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar

Referans	Önerilen Yöntem	Validation	Ön işleme-Veri arttırma	Doğruluk (%)
(Allah et al., 2021)	VGG19	-	Normalizasyon Döndürme Yansıma(Reflection) PGGAN-Augmentation	0.98
(Swati et al., 2019)	VGG19- Transfer Öğrenme	5-Fold Crossvalidation	Normalizasyon Yeniden boyutlandırma	0.94
(Guan et al., 2021)	EfficientNet	5-Fold Crossvalidation	Normalizasyon Yeniden boyutlandırma Kontrast Ayarlama (Contrast enhancement) Döndürme Yansıma(Reflection)	0.98
(Deepak & Ameer, 2019)	GoogleNet- Transfer Öğrenme	5-Fold Crossvalidation	Normalizasyon Yeniden boyutlandırma	0.98
(Díaz-Pernas et al., 2021)	Multiscale CNN	5-Fold Crossvalidation	Normalizasyon Yeniden boyutlandırma Elastic transform	0.97
(Abdelaziz Ismael et al., 2020)	ResNet	5-Fold Crossvalidation	Kırpma Sıfırlarla Doldurma Yeniden boyutlandırma Döndürme Kaydırma ve kesme (Shift and shear)	0.99
(Alhassan & Zainon, 2021)	CNN	K-fold Crossvalidation	Normalizasyon	0.98
(Bulla et al., 2020)	InceptionV3- Transfer Öğrenme	10-fold Crossvalidation	Normalizasyon Yeniden boyutlandırma	0.99
(Ghassemi et al., 2020)	CNN-GAN	5-Fold Crossvalidation	Normalizasyon Döndürme Yansıma(Reflection)	0.95
(Kakarla et al., 2021)	CNN	5-fold CV	Normalizasyon Yeniden boyutlandırma Kontrast	0.97

			Ayarlama (Contrast enhancement)	
(Noreen et al., 2021)	InceptionV3- Transfer Öğrenme Inception- Transfer Öğrenme	k-fold Crossvalidation	Normalizasyon	0.93 0.91
(Noreen et al., 2020)	Inception- Transfer Öğrenme DenseNet201- Transfer Öğrenme	-	Normalizasyon	0.99 0.99
(Amou et al., 2022)	CNN	-	Normalizasyon Yeniden boyutlandırma	0.98
(Badža & Barjaktarović, 2020)	CNN	10-fold Crossvalidation	Normalizasyon Yeniden boyutlandırma	0.96
(Alaraimi et al., 2021)	AlexNet- Transfer Öğrenme VGG16- Transfer Öğrenme GoogLeNet- Transfer Öğrenme	-	Normalizasyon Yeniden boyutlandırma Çevirme (Translation) Döndürme Yeniden boyutlandırma Kesme (Shear)	0.94 0.100 0.98

Tablo 3'te TCIA veri seti kullanılan çalışmalarla ilgili bilgiler ve sonuçlar yer almaktadır. Buna göre; en bu veri setiyle gerçekleştirilen çalışmalarda en başarılı sonuçları; Rajinikanth ve arkadaşları (Rajinikanth et al., 2022) elde etmişlerdir.

Tablo 3. TCIA veri seti kullanılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar

Referans	Veri Seti	Önerilen Yöntem	Validation	Ön işleme-Veri arttırma	Doğruluk (%)
(Lo et al., 2019)	TCIA	Transfer Öğrenme-AlexNet	10-fold Cross-validation	Kontrast Ayarlama Kırpma Normalizasyon Çevirme(Translation) Döndürme Yansıma(Reflection) Ölçekleme Kırpma	0.97
(Zhuge et al., 2020)	TCIA-LGG	2D Mask R-CNN 3DConvNet	5-fold Cross-validation	Normalizasyon Bias Alan Düzeltmesi Döndürme Yansıma(Reflection) Ölçekleme Kırpma	0.96 0.97
(Dipu et al., 2021)	TCIA-Brain-tumor-progression	YOLO v5 YOLO v3	5-fold Cross-validation	Normalizasyon Yeniden Boyutlandırma	0.95 0.84
(Rajinikanth et al., 2022)	TCIA	VGG16+Desicion Tree	10-fold Cross-validation	3D-2D dönüştürme Yeniden Boyutlandırma GLCM (Gray-Level Co-Occurrence Matrix) Hu Moment LBP (Local Binary Patterns) Firefly Algoritması	0.99
(Asiri et al., 2023)	TCIA	Fine-Tuned ResNet50 U-Net	5 hasta-22 grup	Kontrast Ayarlama	0.92 0.94

Tablo 4’te REMBRANDT veri seti kullanan çalışmalarla ilgili bilgiler ve sonuçlar yer almaktadır. Buna göre; en bu veri setiyle gerçekleştirilen çalışmalarda en başarılı sonuçları; Ayadi ve arkadaşları (Ayadi et al., 2021), Tandel ve arkadaşları (Tandel et al., 2020) elde etmişlerdir.

Tablo 4. REMBRANDT veri seti kullanılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar

Referans	Önerilen Yöntem	Validation	Ön işleme-Veri arttırma	Doğruluk (%)
(Öksüz & Güllü, 2020)	Alexnet+ faster RCNN	-	Normalizasyon Histogram Eşitleme Ortanca Filtreleme Kontrast Ayarlama Karşıtlık Parlaklık ayarlama Yatayda ve düşeyde aynalama Ölçekleme Öteleme Döndürme	0.91
(Tandel et al., 2020)	AlexNet-Transfer Öğrenme	K-Fold CrossValidation	Yeniden Boyutlandırma Döndürme Ölçekleme	0.100
(Tandel et al., 2021)	AlexNet VGG16 ResNet18 GoogleNet ResNet50.	5-fold CrossValidation	Normalizasyon RGB Dönüşüm Döndürme Yeniden Boyutlandırma	0.96 0.97 0.97 0.95 0.96
(Ayadi et al., 2021)	CNN	5-fold CrossValidation	Döndürme Yansıma(Reflection) Gaus bulanıklaştırması, Keskinleştirme	0.100
(Gu et al., 2021)	CNN	5-fold CrossValidation	Normalizasyon	0.97

Tablo 5’te TCGA veri seti kullanan çalışmalarla ilgili bilgiler ve sonuçlar yer almaktadır. Buna göre; bu veri setiyle gerçekleştirilen çalışmalarda en başarılı sonuçları; Tripathi ve Bag (Tripathi & Bag, 2022) elde etmişlerdir.

Tablo 5. TCGA Veri Seti Kullanılan Çalışmalarda Elde Edilen Sonuçlar

Referans	Veri Seti	Önerilen Yöntem	Validation	Ön işleme-Veri arttırma	Doğruluk (%)
(Naser & Deen, 2020)	TCGA-LGG	U-net+Pre-trained VGG16	5-Fold Crossvalidation	Kırpma Normalizasyon Yeniden boyutlandırma Doldurma Çevirme(Translation) Döndürme Yansıma(Reflection) Kesme(Shear)	0.89
(Korc et al., 2020)	TCGA	3D CNN	5-Fold Crossvalidation	Yeniden boyutlandırma Kafatası Soyma(Skull Stripping) Bias alanı Düzeltilmesi(Bias field correction) Döndürme Kıpma	0.80
(Decuyper et al., 2021)	TCGA-LGG TCGA-GBM TCGA1p19qDeletion	3B U-Net + ResNet'e benzer bir 3B CNN	-	Normalizasyon Kafatası Soyma(Skull Stripping) Enterpolasyon Döndürme Yansıma(Reflection) Elastic transform	0.93 0.94 0.82
(Tripathi & Bag, 2022)	TCGA	YOLO V3	-	Kafatası Soyma(Skull Stripping) Çevirme(Translation) Kırpma Yansıma(Reflection)	0.95

4. SONUÇLAR

Bu çalışma, beyin tümörlerinin tespiti ve sınıflandırılmasında kullanılan veri setlerini ve DÖ tekniklerinin etkinliğini, literatürdeki araştırmalar çerçevesinde kapsamlı bir şekilde değerlendirmiştir. Beyin tümörleri, merkezi

sinir sisteminin en ciddi hastalıklarından biridir ve erken, doğru tanı konulması, uygun tedavi planlarının yapılması ve hastaların yaşam süresinin uzatılması açısından kritik bir öneme sahiptir. Geleneksel tıbbi görüntüleme yöntemleri, özellikle MRI taramalarının manuel değerlendirilmesi, zaman alıcıdır ve insan hatasına açık olduğu için yanlış teşhis riskini artırabilmektedir. Bu noktada, YZ ve DÖ tekniklerindeki gelişmeler, bu zorlukları aşarak tıbbi teşhisi daha hızlı ve kesin hale getirmek için güçlü çözümler sunmaktadır.

CNN'ler gibi DÖ modelleri, tıbbi görüntülemede yüksek potansiyel sergilemiş ve beyin tümörlerinin otomatik tespiti ve sınıflandırılmasında geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Bu modeller, MRI görüntülerindeki karmaşık yapısal özellikleri öğrenme yeteneği sayesinde, farklı türdeki beyin tümörlerini doğru bir şekilde ayırt edebilmektedir. Mevcut literatür, ResNet50, InceptionV3, VGG16, YOLOV3-5, U-Net ve AlexNet gibi modellerin, büyük veri setlerinden yararlanarak yüksek doğruluk oranları elde ettiğini göstermektedir. Bu başarılar, veri artırma ve transfer öğrenimi gibi yöntemlerle desteklenerek, modellerin performanslarını ve genelleme kapasitelerini daha da güçlendirmiştir.

Bu çalışma kapsamında, beyin tümörlerinin sınıflandırılmasında sıkça kullanılan BRATS, Figshare Beyin Tümörü, TCIA, REMBRANDT ve TCGA veri setlerini temel alan araştırmalar ele alınmıştır. Bu veri setleri, DÖ modellerinin eğitimi ve değerlendirilmesi için geniş kapsamlı birer kaynak olarak hizmet vermekte ve farklı beyin tümörü tipleri ile klinik senaryoları içermektedir. Özellikle klinik uzmanlar tarafından etiketlenmiş ve doğruluğu onaylanmış MRI görüntüleri, segmentasyon ve sınıflandırma algoritmalarının geliştirilmesi ve değerlendirilmesi için büyük önem taşımaktadır.

İlerleyen dönemlerde, beyin tümörü sınıflandırmasında DÖ ile daha gelişmiş modellerin geliştirilmesi beklenmektedir. Bu gelişmeler, tanı doğruluğunu artırarak hastalara daha kişiselleştirilmiş tedavi seçenekleri sunulmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca, yapılacak yeniliklerle tümörlerin daha erken aşamalarda tespit edilmesi ve tedaviye yanıtın daha doğru bir şekilde tahmin edilmesi mümkün olacaktır. YZ tabanlı çözümler, klinik karar destek sistemlerinin etkinliğini artırarak doktorların karar verme süreçlerine yardımcı olacak ve hasta bakımını iyileştirme potansiyeline sahip olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdelaziz Ismael, S. A., Mohammed, A., & Hefny, H. (2020). An enhanced deep learning approach for brain cancer MRI images classification using residual networks. *Artificial Intelligence in Medicine*, 102, 101779. <https://doi.org/10.1016/J.ARTMED.2019.101779>
- Ahuja, S., Panigrahi, B. K., & Gandhi, T. (2020). Transfer Learning Based Brain Tumor Detection and Segmentation using Superpixel Technique. *2020 International Conference on Contemporary Computing and Applications, IC3A 2020*, 244–249. <https://doi.org/10.1109/IC3A48958.2020.233306>
- Alaraimi, S., Okedu, K. E., Tianfield, H., Holden, R., & Uthmani, O. (2021). Transfer learning networks with skip connections for classification of brain tumors. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 31(3), 1564–1582. <https://doi.org/10.1002/IMA.22546>
- Alhassan, A. M., & Zainon, W. M. N. W. (2021). Brain tumor classification in magnetic resonance image using hard swish-based RELU activation function-convolutional neural network. *Neural Computing and Applications*, 33(15), 9075–9087. <https://doi.org/10.1007/S00521-020-05671-3/TABLES/6>
- Alla, S. S. M., & Athota, K. (2022). Brain Tumor Detection Using Transfer Learning in Deep Learning. *Indian Journal of Science and Technology*, 15(40), 2093–2102. <https://doi.org/10.17485/IJST/V15I40.1307>
- Allah, A. M. G., Sarhan, A. M., & Elshennawy, N. M. (2021). Classification of Brain MRI Tumor Images Based on Deep Learning PGGAN Augmentation. *Diagnostics 2021, Vol. 11, Page 2343, 11(12)*, 2343. <https://doi.org/10.3390/DIAGNOSTICS11122343>
- Amin, J., Sharif, M., Anjum, M. A., Raza, M., & Bukhari, S. A. C. (2020). Convolutional neural network with batch normalization for glioma and stroke lesion detection using MRI. *Cognitive Systems Research*, 59, 304–311. <https://doi.org/10.1016/J.COGSYS.2019.10.002>
- Amin, J., Sharif, M., Gul, N., Yasmin, M., & Shad, S. A. (2020). Brain tumor classification based on DWT fusion of MRI sequences using convolutional neural network. *PaReL*, 129, 115–122. <https://doi.org/10.1016/J.PATREC.2019.11.016>

- Amou, M. A., Xia, K., Kamhi, S., & Mouhafid, M. (2022). A Novel MRI Diagnosis Method for Brain Tumor Classification Based on CNN and Bayesian Optimization. *Healthcare 2022, Vol. 10, Page 494, 10(3)*, 494. <https://doi.org/10.3390/HEALTHCARE10030494>
- Asiri, A. A., Shaf, A., Ali, T., Aamir, M., Irfan, M., Alqahtani, S., Mehdar, K. M., Halawani, H. T., Alghamdi, A. H., Alshamrani, A. F. A., & Alqhtani, S. M. (2023). Brain Tumor Detection and Classification Using Fine-Tuned CNN with ResNet50 and U-Net Model: A Study on TCGA-LGG and TCIA Dataset for MRI Applications. *Life 2023, Vol. 13, Page 1449, 13(7)*, 1449. <https://doi.org/10.3390/LIFE13071449>
- Ayadi, W., Elhamzi, W., Charfi, I., & Atri, M. (2021). Deep CNN for Brain Tumor Classification. *Neural Processing Letters, 53(1)*, 671–700. <https://doi.org/10.1007/S11063-020-10398-2/TABLES/29>
- Badža, M. M., & Barjaktarović, M. C. (2020). Classification of Brain Tumors from MRI Images Using a Convolutional Neural Network. *Applied Sciences 2020, Vol. 10, Page 1999, 10(6)*, 1999. <https://doi.org/10.3390/APP10061999>
- Bulla, P., Anantha, L., & Peram, S. (2020). Deep neural networks with transfer learning model for brain tumors classification. *Traitement Du Signal, 37(4)*, 593–601. <https://doi.org/10.18280/TS.370407>
- Chang, P., Grinband, J., Weinberg, B. D., Bardis, M., Khy, M., Cadena, G., Su, M. Y., Cha, S., Filippi, C. G., Bota, D., Baldi, P., Poisson, X. L. M., Jain, X. R., & Chow, X. D. (2018). Deep-Learning Convolutional Neural Networks Accurately Classify Genetic Mutations in Gliomas. *AJNR. American Journal of Neuroradiology, 39(7)*, 1201–1207. <https://doi.org/10.3174/AJNR.A5667>
- Cinarer, G., & Emiroglu, B. G. (2019). Classificatin of Brain Tumors by Machine Learning Algorithms. *3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, ISMSIT 2019 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ISMSIT.2019.8932878>
- Çınarar, G., Emiroğlu, B. G., Arslan, R. S., & Yurttakal, A. H. (2020). Brain tumor classification using deep neural network. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems, 5(5)*, 765–769. <https://doi.org/10.25046/AJ050593>

- Clark, K., Vendt, B., Smith, K., Freymann, J., Kirby, J., Koppel, P., Moore, S., Phillips, S., Maffitt, D., Pringle, M., Tarbox, L., & Prior, F. (2013). The Cancer Imaging Archive (TCIA): Maintaining and Operating a Public Information Repository. *Journal of Digital Imaging*, 26(6), 1045. <https://doi.org/10.1007/S10278-013-9622-7>
- Decuyper, M., Bonte, S., Deblaere, K., & Van Holen, R. (2021). Automated MRI based pipeline for segmentation and prediction of grade, IDH mutation and 1p19q co-deletion in glioma. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 88, 101831. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAMEDIMAG.2020.101831>
- Deepak, S., & Ameer, P. M. (2019). Brain tumor classification using deep CNN features via transfer learning. *Computers in Biology and Medicine*, 111, 103345. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2019.103345>
- Díaz-Pernas, F. J., Martínez-Zarzuela, M., González-Ortega, D., & Antón-Rodríguez, M. (2021). A Deep Learning Approach for Brain Tumor Classification and Segmentation Using a Multiscale Convolutional Neural Network. *Healthcare 2021, Vol. 9, Page 153*, 9(2), 153. <https://doi.org/10.3390/HEALTHCARE9020153>
- Dipu, N. M., Shohan, S. A., & A Salam, K. M. (2021). Brain Tumor Detection Using Various Deep Learning Algorithms. *2021 International Conference on Science and Contemporary Technologies, ICSCCT 2021*. <https://doi.org/10.1109/ICSCCT53883.2021.9642649>
- Ge, C., Gu, I. Y. H., Jakola, A. S., & Yang, J. (2020). Deep semi-supervised learning for brain tumor classification. *BMC Medical Imaging*, 20(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/S12880-020-00485-0/TABLES/5>
- Ghassemi, N., Shoeibi, A., & Rouhani, M. (2020). Deep neural network with generative adversarial networks pre-training for brain tumor classification based on MR images. *Biomedical Signal Processing and Control*, 57, 101678. <https://doi.org/10.1016/J.BSPC.2019.101678>
- Gu, X., Shen, Z., Xue, J., Fan, Y., & Ni, T. (2021). Brain Tumor MR Image Classification Using Convolutional Dictionary Learning With Local Constraint. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 679847. <https://doi.org/10.3389/FNINS.2021.679847/BIBTEX>
- Guan, Y., Aamir, M., Rahman, Z., Ali, A., Abro, W. A., Dayo, Z. A., Bhutta, M. S., Hu, Z., Guan, Y., Aamir, M., Rahman, Z., Ali, A., Abro, W. A., Dayo,

- Z. A., Bhutta, M. S., & Hu, Z. (2021). A framework for efficient brain tumor classification using MRI images. *Mathematical Biosciences and Engineering* 2021 5:5790, 18(5), 5790–5815. <https://doi.org/10.3934/MBE.2021292>
- Hao, R., Namdar, K., Liu, L., & Khalvati, F. (2021). A Transfer Learning–Based Active Learning Framework for Brain Tumor Classification. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 4, 635766. <https://doi.org/10.3389/FRAI.2021.635766/BIBTEX>
- Kakarla, J., Isunuri, B. V., Doppalapudi, K. S., & Bylapudi, K. S. R. (2021). Three-class classification of brain magnetic resonance images using average-pooling convolutional neural network. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 31(3), 1731–1740. <https://doi.org/10.1002/IMA.22554>
- Khan, M. A., Ashraf, I., Alhaisoni, M., Damaševičius, R., Scherer, R., Rehman, A., & Bukhari, S. A. C. (2020). Multimodal Brain Tumor Classification Using Deep Learning and Robust Feature Selection: A Machine Learning Application for Radiologists. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/DIAGNOSTICS10080565>
- Kurc, T., Bakas, S., Ren, X., Bagari, A., Momeni, A., Huang, Y., Zhang, L., Kumar, A., Thibault, M., Qi, Q., Wang, Q., Kori, A., Gevaert, O., Zhang, Y., Shen, D., Khened, M., Ding, X., Krishnamurthi, G., Kalpathy-Cramer, J., ... Farahani, K. (2020). Segmentation and Classification in Digital Pathology for Glioma Research: Challenges and Deep Learning Approaches. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 494512. <https://doi.org/10.3389/FNINS.2020.00027/BIBTEX>
- Lo, C. M., Chen, Y. C., Weng, R. C., & Hsieh, K. L. C. (2019). Intelligent Glioma Grading Based on Deep Transfer Learning of MRI Radiomic Features. *Applied Sciences* 2019, Vol. 9, Page 4926, 9(22), 4926. <https://doi.org/10.3390/APP9224926>
- Madhavan, S., Zenklusen, J. C., Kotliarov, Y., Sahni, H., Fine, H. A., & Buetow, K. (2009). Rembrandt: Helping personalized medicine become a reality through integrative translational research. *Molecular Cancer Research*, 7(2), 157–167. <https://doi.org/10.1158/1541-7786.MCR-08-0435>

- Naser, M. A., & Deen, M. J. (2020). Brain tumor segmentation and grading of lower-grade glioma using deep learning in MRI images. *Computers in Biology and Medicine*, 121, 103758. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2020.103758>
- Noreen, N., Palaniappan, S., Qayyum, A., Ahmad, I., & Alassafi, M. O. (2021). Brain Tumor Classification Based on Fine-Tuned Models and the Ensemble Method. *Computers, Materials & Continua*, 67(3), 3967–3982. <https://doi.org/10.32604/CMC.2021.014158>
- Noreen, N., Palaniappan, S., Qayyum, A., Ahmad, I., Imran, M., & Shoaib, M. (2020). A Deep Learning Model Based on Concatenation Approach for the Diagnosis of Brain Tumor. *IEEE Access*, 8, 55135–55144. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2978629>
- Öksüz, C., & Güllü, M. K. (2020). *Yolo v2 Modeli ile Beyin Tümörü Algılama (Brain Tumor Localization Using Yolo v2)*. <https://www.researchgate.net/publication/346535706>
- Ragupathy, B., & Karunakaran, M. (2021a). A deep learning model integrating convolution neural network and multiple kernel K means clustering for segmenting brain tumor in magnetic resonance images. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 31(1), 118–127. <https://doi.org/10.1002/IMA.22498>
- Ragupathy, B., & Karunakaran, M. (2021b). A deep learning model integrating convolution neural network and multiple kernel K means clustering for segmenting brain tumor in magnetic resonance images. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 31(1), 118–127. <https://doi.org/10.1002/IMA.22498>
- Rajasekaran Kavitha, A., Palaniappan, K., & Angamuthu Rajasekaran Kavitha, C. (2023). Brain tumor segmentation using a deep Shuffled-YOLO network. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 33(2), 511–522. <https://doi.org/10.1002/IMA.22832>
- Rajinikanth, V., Kadry, S., Damasevicius, R., Sujitha, R. A., Balaji, G., & Mohammed, M. A. (2022). Glioma/Glioblastoma Detection in Brain MRI using Pre-trained Deep-Learning Scheme. *Proceedings of the 2022 3rd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies: Computational Intelligence for Smart*

- Systems, ICICICT* 2022, 987–990.
<https://doi.org/10.1109/ICICICT54557.2022.9917904>
- Rehman, A., Khan, M. A., Saba, T., Mehmood, Z., Tariq, U., & Ayesha, N. (2021). Microscopic brain tumor detection and classification using 3D CNN and feature selection architecture. *Microscopy Research and Technique*, 84(1), 133–149. <https://doi.org/10.1002/JEMT.23597>
- Swati, Z. N. K., Zhao, Q., Kabir, M., Ali, F., Ali, Z., Ahmed, S., & Lu, J. (2019). Brain tumor classification for MR images using transfer learning and fine-tuning. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 75, 34–46. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAMEDIMAG.2019.05.001>
- Tandel, G. S., Balestrieri, A., Jujaray, T., Khanna, N. N., Saba, L., & Suri, J. S. (2020). Multiclass magnetic resonance imaging brain tumor classification using artificial intelligence paradigm. *Computers in Biology and Medicine*, 122, 103804. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2020.103804>
- Tandel, G. S., Tiwari, A., & Kakde, O. G. (2021). Performance optimisation of deep learning models using majority voting algorithm for brain tumour classification. *Computers in Biology and Medicine*, 135, 104564. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2021.104564>
- Tripathi, P. C., & Bag, S. (2022). A computer-aided grading of glioma tumor using deep residual networks fusion. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 215, 106597. <https://doi.org/10.1016/J.CMPB.2021.106597>
- Weinstein, J. N., Collisson, E. A., Mills, G. B., Shaw, K. R. M., Ozenberger, B. A., Ellrott, K., Sander, C., Stuart, J. M., Chang, K., Creighton, C. J., Davis, C., Donehower, L., Drummond, J., Wheeler, D., Ally, A., Balasundaram, M., Birol, I., Butterfield, Y. S. N., Chu, A., ... Kling, T. (2013). The Cancer Genome Atlas Pan-Cancer analysis project. *Nature Genetics* 2013 45:10, 45(10), 1113–1120. <https://doi.org/10.1038/ng.2764>
- Zhuge, Y., Ning, H., Mathen, P., Cheng, J. Y., Krauze, A. V., Camphausen, K., & Miller, R. W. (2020). Automated glioma grading on conventional MRI images using deep convolutional neural networks. *Medical Physics*, 47(7), 3044–3053. <https://doi.org/10.1002/MP.14168>

BÖLÜM 5

EEG-TABANLI DUYGU TANIMA YAKLAŞIMLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Muharrem ÇELEBİ ¹
Doç. Dr. Sıtkı ÖZTÜRK ²
Dr. Öğr. Üyesi Kaplan KAPLAN ³

¹ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye, muharrem.celebi@kocaeli.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3510-4278

² Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye, sozturk@kocaeli.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-3804-5581

³ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye, kaplan.kaplan@kocaeli.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-8036-1145

1. GİRİŞ

Duygular insan ilişkilerinde anahtar bir rol üstlenmekte ve insan davranışlarının anlaşılmasında önemli bir yol göstericidir. Duygu, bireylerin günlük hayatlarında iletişim halindeyken, düşünürken, hareket ederken, dışsal uyaranlara karşı tepkiler verirken sergiledikleri bilişsel ve fizyolojik reaksiyonlar bütünü olarak tanımlanır. Duygular, bireyler arasında değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, her insanın belli bir uyarana veya olaya karşı göstereceği duygu değişimi bireylerin tecrübeleri, bilişsel süreçler ve durumsal faktörlerin etkisiyle farklılık gösterebilir. Bu bağlamda duyguların farklılığı insan davranışların analizinde ve öngörmeden önemli bir rol oynamaktadır (Li ve ark., 2022).

Duygu tanıma çalışmalarının amacı, insan-makine etkileşiminin (İME) daha verimli bir şekilde gerçekleştirmek ve insan ile bilgisayar kontrolünü gerçekleştirmektir. Duygu tanıma sistemleri hem sinyal işleme alanı hem de örüntü tanıma yöntemlerini kapsayan multidisipliner bir alandır. Son yıllarda teknolojik gelişmeler ile birlikte Elektroensefalografi (EEG) veri setlerinin artış, bu alandaki araştırmalara olan ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır. İME sistemleri, EEG sinyallerini analiz ederek hareket kabiliyetleri kısıtlı insanların gerçekleştirmek istedikleri eylemleri yerine getirmesine olanak sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, duygu tanıma sistemlerinin, tekerlekli sandalye kontrolü, oyun endüstrisi, güvenlik ve sağlık gibi çeşitli uygulama alanlarında da kullanımı yaygınlaşmaktadır. Özellikle sağlık alanında nörolojik bozuklukların tanı ve tedavisinde potansiyel katkıları ilgi çekmektedir.

İnsan makine etkileşimi (İME) bilişim dünyasında hızla gelişen önemli bir disiplindir. İME'nin temel amacı, insan duygularının bilgisayar sistemleri tarafından çeşitli sensörler ile algılanması ve anlaşılması sürecini otomatikleştirmek, böylelikle daha doğal ve sezgisel bir etkileşim sağlamaktır. Duygu analizi ile kullanıcıların duygusal durumlarına dayalı olarak ihtiyaçlarını belirlenmekte ve kişiye özel farklı duygularını tanımaya yönelik arayüzler oluşturulmaktadır. Diğer bir ifade ile, bilgisayarların kullanıcının zihinsel durumları hakkında tanıma, anlama ve ardından sayısal makinelerle insanlar arasındaki etkileşimi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Özellikle sağlık alanında, İME teknolojileri, felçli hastaların mental durumlarını komutlara dönüştürerek çevrelerini kontrol etmelerine olanak sağlayan sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır (Torres ve ark., 2020). Bu teknoloji ile hastaların yaşam

konforunun arttırılacağı ve onların bağımsız hareket edebilme kabiliyetlerini geliştirileceği düşünülmektedir.

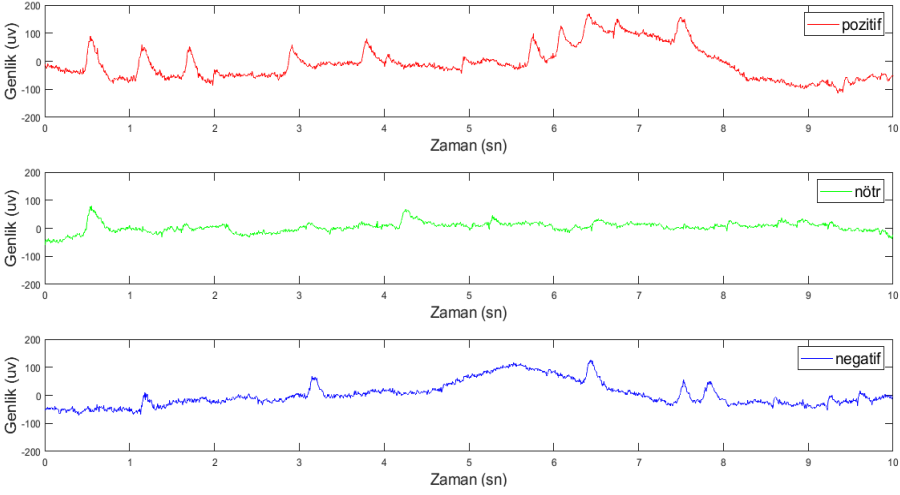
Duygu analizi ve tanımaya yönelik ilk çalışmalar, 1990'lı yıllarda ses işaretleri ve yüz mimikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ses işareti, yüz mimikleri gibi verileri kullanarak gerçekleştirilen duygu tanıma sistemlerinde yanlış karar verme ya da kişinin duygularını bastırması mümkün olmakta, bu da sistemin hata yapma olasılığını arttırmaktadır (Li ve ark., 2022). Duygular insan beyninde gerçekleşen fizyolojik bir olay olduğundan dolayı, insan beyninden elde edilen biyoloji işaret olan elektroensefalografi (EEG) tabanlı gerçekleştirilen duygu tanıma sistemlerin güvenilirliği daha yüksektir. 2000'li yıllardan sonra EEG işaretlerinin bilgisayar ortamına kaydedilmesine paralel olarak EEG tabanlı duygu tanıma çalışmaları önem kazanmıştır.

2. DUYGU MODELLERİ

Duygu veri tabanlarının kategorik ve boyutsal olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Kategorik duygu veri tabanları öfke, tiksinti, korku, mutluluk, üzüntü, şaşkınlık olmak üzere 6 temel duygu sınıfına ayrılmıştır. Boyutsal duygu modelinde ise değerlik (v-valence) ve uyarılma (a-arousal) düzlemleri olmak üzere 2-eksen olarak ifade edilmektedir. Değerlik-valence eksenini belli bir uyarana karşı göstermiş oldukları sevgi yada nefreti temsil etmektedir. Uyarılma-arousal eksenini bireylerin fizyolojik durumunun bir uyarana karşı düşük yada yüksek olmasını ifade etmektedir (Torres ve ark., 2020).

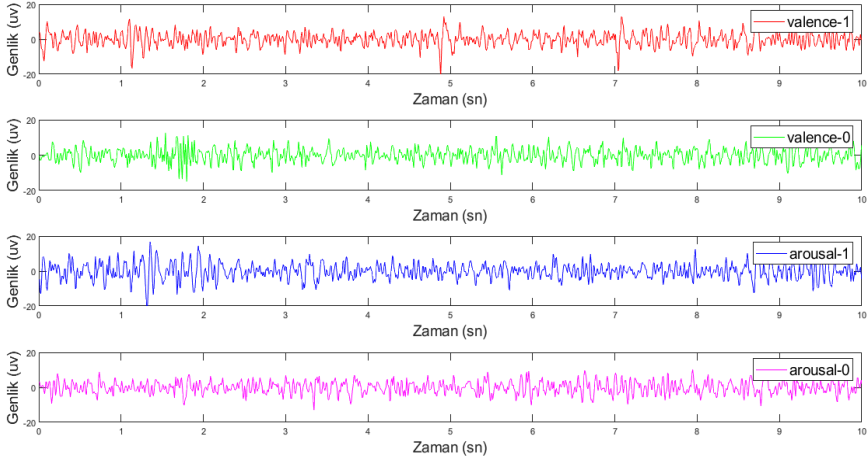
3. EEG VERİ SETLERİ

Bu alanda yapılan çalışmalarda genel olarak veri seti olarak SEED ve DEAP gibi halka açık EEG veri setlerini kullanılmaktadır. Bu veri setlerine erişimin ücretsiz olması sayesinde performans sonuçları karşılaştırılmakta, oluşturulan algoritma ve yöntemlerin avantaj ve dezavantajları sınanmaktadır.



Şekil 3.1. SEED veriseti için 1-nolu denegin, FP1 elektrodunun EEG kayıtları

The SJTU Emotion EEG Dataset (SEED), 62 EEG kanaldan oluşan ESI NeuroScan cihazı ile kaydedilmiştir. Veriler kaydedilirken yaş ortalaması 23,27 olan 15 kişiden elde edilen sinyallerden oluşturulmuştur. Tüm deneklerden 3 farklı günde bir haftalık aralıklarla kayıtlar alınmıştır. Bu yüzden $3 \times 15 = 45$ deney gerçekleştirilmiştir. Uyarı olarak 10 farklı Çin filmi kullanılmıştır. Bu filmler izlendikten sonra deneklerden sonra pozitif, negatif ve nötr duygu durumları etiketlenmiştir. 15 farklı denek kullanılarak veriler kaydedilmiştir. 7'si erkek ve 8'i kadındır. Tüm EEG kayıtları 62 Kanallı olarak 1000 Hz örnekleme ile kaydedilmiş, ardından 200Hz'e downsampling yapılmıştır. Tüm kayıtlar 0 – 75 Hz aralığında alçak geçiren filtre ile filtrelenmiştir (Zheng ve ark., 2015). Şekil 3.1'de SEED verisetinde bulunan pozitif, nötr ve negatif duygular için EEG kayıtları sırayla çizdirilmiştir. Bu grafikte yatay eksen zamanı (saniye), dikey eksen ise genliği temsil etmektedir.



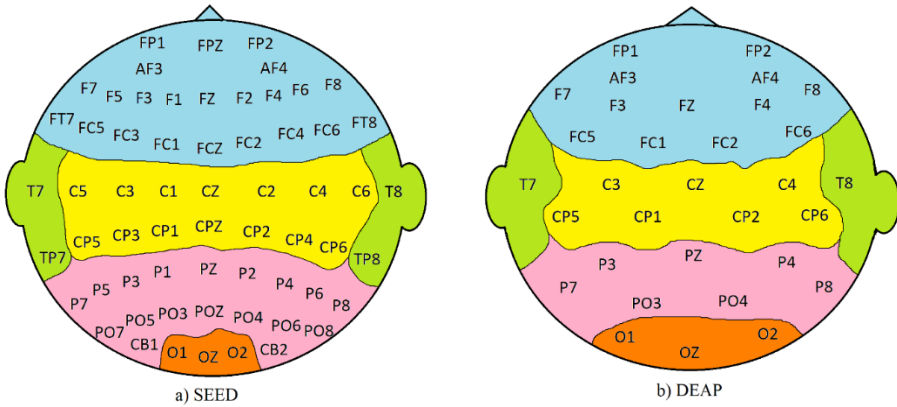
Şekil 3.2. DEAP veriseti için s01 nolu deneğin, FP1 elektrodun kaydı

Database for Emotion Analysis using Physiological Signals (DEAP) 32 kanal içeren Biosemi ActiveTwo EEG cihazı ile kaydedilmiştir. DEAP verisetinde 19 ile 37 yaş aralığında 16 kadın ve 16 erkek olmak üzere 32 kişi bulunmaktadır. Her bir denek izledikleri müzik videosu için uyarılma (valence), değerlik (arousal), beğenme (liking) ve baskınlık (dominance) açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca 4 kanal EMG, Elektrooculography (EOG), BVP, GDR, BT fizyolojik işaretler ile beraber 40 kanaldan oluşmaktadır (Koelstra ve ark., 2011). Şekil 3.2’de DEAP verisetinde bulunan uyarılma eksenini için valence-1, valence-0 ve değerlik eksenini için arousal-1, arousal-0 EEG kayıtları sırayla çizdirilmiştir. Bu grafikte yatay eksen zamanı (saniye) dikey eksen ise genliği temsil etmektedir.

4. EEG İŞARETİNİN ÖZELLİKLERİ

Biyomedikal işaretler insan bedenine konumlandırılmış elektrotlardan elde edilmektedir. Örneğin beyin sinyallerinden elde edilen EEG kalp sinyallerinden elde edilen EKG (Elektrokardiyografi) ve kas sinyallerinin toplanmasından elde edilen EMG (Elektromiyografi) üç temel biyolojik işareti oluşturmaktadır. EEG sinyalleri, nörolojik ve psikolojik durumların incelenmesi, uyku bozukluklarının analizi, duygu durumu tahmini ve bilişsel süreçlerin takibinde kullanılmaktadır. EKG verileri, kardiyovasküler hastalıkların tespiti ve izlenmesinde önemli bir belirteç olarak kullanılmakta

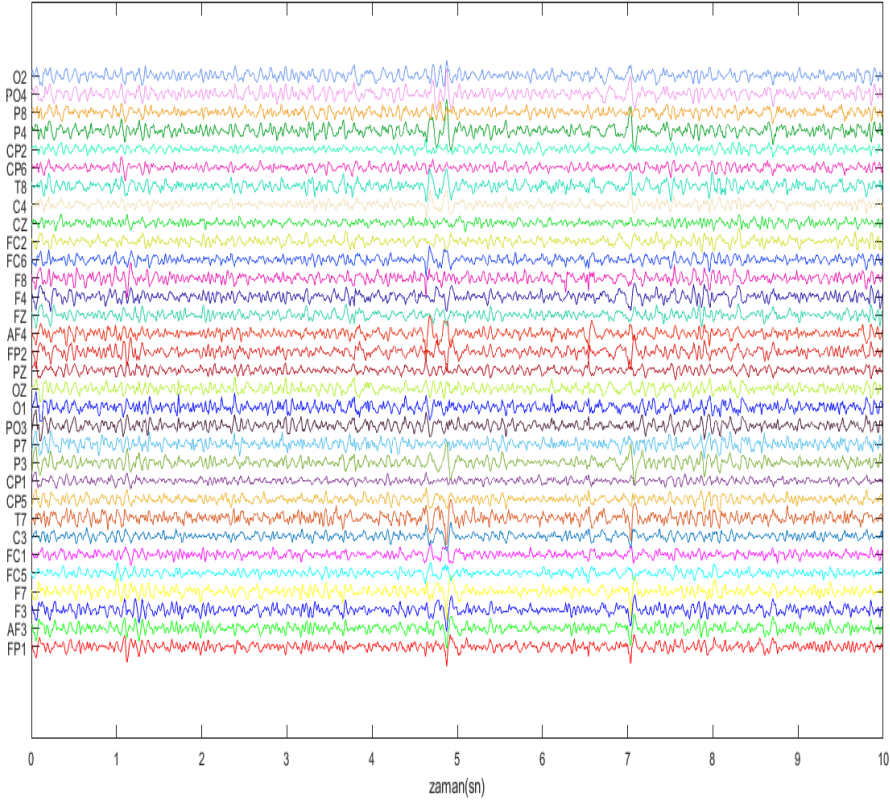
olup kalp ve ritim bozukluklarının analizinde yararlanılmaktadır. EMG sinyalleri ise kas aktivitelerinin izlenmesi yoluyla kas ağrıları ve kas-iskelet sistemindeki anomalilerin incelenmesinde kullanılmaktadır. EEG özel kayıt cihazları ile çok kanallı olarak kaydedilmektedir. İlk olarak EEG kaydını Hans Berger 1924 yılında gerçekleştirmiştir. Bu kayıt cihazları, kafatasına yerleştirilen metal elektrotlardan aldıkları sinyaller yükselterek kaydederler. Genellikle 8, 16, 32 elektrotta sahip olan cihazlar vardı. Elektrotların yerleşiminde 10-20 sistemine göre yerleştirilmektedir. F, T, C, P ve O harfleri sırasıyla Frontal, Temporal, Central, Parietal ve Occipital lobları temsil eder. Çift sayılar (2,4,6,8), elektrotların sağ yarımküredeki konumlarını, tek sayılar (1,3,5,7) sol yarımküredeki elektrotların konumlarını temsil eder (Yazgan ve Korürek, 1996). Şekil 4.1.'de EEG kanallarının beyin üzerine yerleşimi verilmiştir. Şekil 4.1-a'da SEED veriseti için 62 adet elektrotun yerleşimi gösterilmiştir. Şekil 4.1-b'de DEAP veriseti için 32 adet elektrotun yerleşimi resmedilmiştir.



Şekil 4.1. EEG Elektrotlarının yerleşimi

Uluslararası standart 10-20 sistemi, genellikle anlık EEG kayıtları için kullanılan yaygın bir elektrot yerleştirme yöntemidir. Bu sistem ile elektrotlar kafatasına belirli anatomik referans noktalarına göre yerleştirilir. Bu sayede beyin elektriksel aktivitesi güvenilir bir şekilde izlenmenebilir. EEG kayıtlarında iki tür elektrot kullanılmaktadır: yüzeysel elektrotlar (scalp EEG veya surface EEG, sEEG) ve kafaiçi elektrotlar (intracranial EEG veya inside

EEG, iEEG). Yüzeysel elektrotlar, kafa derisinin üzerine yerleştirilerek beynin elektriksel aktivitelerini invaziv olmayan bir şekilde kaydeder. Buna karşılık, kafaiçi elektrotlar doğrudan beynin içine yerleştirilir ve daha yüksek hassasiyetle beyin bölgelerinin elektriksel aktivitelerini ölçer. İEEG, genellikle cerrahi müdahale gerektiren ve daha spesifik klinik amaçlar için tercih edilen bir yöntemdir. Kafatasına yerleştirilen elektrotlardan elde edilen EEG işareti çift kutuplu (bipolar) ve tek kutuplu (unipolar) şekilde kaydedilir. Çift kutuplu bağlantıda yakın iki elektrot arasındaki potansiyel farkın genlik değişimi kaydedilir. Tek kutuplu bağlantıda ise seçilen bir elektrot bölgesinin referans noktasına göre genlik değişimleri kaydedilir (Asyalı ve ark., 2014).



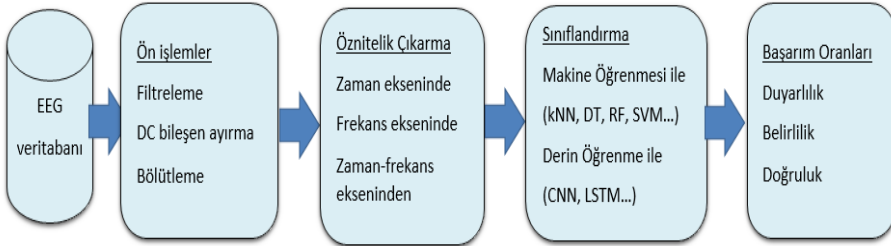
Şekil 4.2. DEAP verisinin 32-kanal EEG kayıtları

Şekil 4.2.'de DEAP verisinin 32-kanal EEG kaydı çizdirilmiştir. Bu şekilde yatay eksen zamanı temsil ederken dikey ekseninde ise her bir EEG kanalının adları gösterilmiştir. EEG sinyalleri genellikle 0.1 Hz ile 128 Hz

frekans değerine kadar çıkabilmektedir. Yapılan çalışmalarda EEG işareti kendi içinde alt frekans bantlarına ayrıştırılır. EEG sinyalleri çoğunlukla 0.5- 4 Hz aralığındaki sinyaller Delta (δ), 4- 8 Hz aralığındaki sinyaller Teta (θ), 8- 16 Hz aralığındaki sinyaller Alfa (α), 16- 32 Hz aralığındaki sinyaller Beta (β), 32 Hz ve üstündeki sinyaller Gama (γ) olmak üzere beş frekans bandına ayrılmaktadır (Suhaimi ve ark., 2020).

5. EEG - TABANLI DUYGU TANIMA SİSTEMLERİ

EEG-tabanlı duygu tanıma sistemleri, beş aşama halinde gerçekleştirilir. İlk olarak uygun bir veri tabanının elde edilmesidir. Elde edilen bu veri tabanı üzerinde ön işlemler gerçekleştirilerek veri tabanı, öznelik çıkarma / seçme için hazır hale getirilir. Üçüncü aşamada, EEG işaretinden zamana bağlı, frekansa bağlı öznelik değerleri çıkarılır. Dördüncü aşamada, elde edilen öznelik değerleri, farklı sınıflandırıcı yöntemleri ile test edilir. Son aşamada ise başarımlar oranlarını karşılaştırılır. Duygu tanıma sistemlerinin genel blok diyagramı Şekil 5.1.'de verilmiştir. Burada verilen aşamalar aşağıda alt başlıklarda açıklanmıştır.

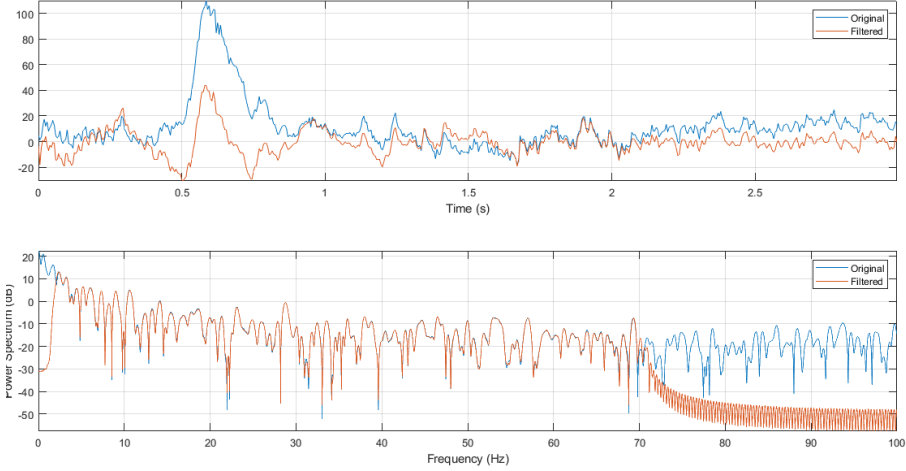


Şekil 5.1. Duygu tanıma sistemlerinin blok diyagramı

5.1 Ön İşlemler

EEG işaretlerinin kayıt esnasında gürültü ve artefaktların etkisi bulunmaktadır. Örneğin göz açılıp kapandığında, FP1 ve FP2 elektrotlarının potansiyellerinde farklılık oluşur. Bu etkiler EEG işaretlerinin yanlış yorumlanmasına neden olabilir. Bölütleme (segmentation) ise uzun süreli EEG kayıtlarının (3 saat, 24 saat vb.) kısa süreli (3 saniye, 5 saniye vb.) gibi daha küçük çerçevelere ayrılarak bu kısa süreler üzerinde işlemler yapılmasını ifade eder. EEG işaretlerindeki gürültünün giderilmesi için filtreler kullanılır. EEG işaretlerinde 70 Hz'in altında anlamlı bilgi bulunmaktadır. Bu yüzden 70

Hz altı frekansları çıkarmak için alçak geçiren filtreler (AGF) kullanılır. Bunun yanında EEG işaretlerindeki DC genlik seviyesini bastırmak için 0.1 Hz'lik yüksek geçiren filtre (YGF) kullanılmaktadır. Hem AGF hemde YGF'nin yerine bant geçiren filtre'de (BGÇ) kullanılabilir (Dar ve ark., 2020).



Şekil 5.2. EEG işaretinin BGÇ filtreleme işlemi sonuçları

Şekil 5.2'de örnek bir EEG işaretinin bant geçiren filtre kullanılarak orijinal ve filtrelenmiş sonuçları gösterilmiştir. Üstteki resimde orijinal işaret ve filtrelenmiş işaret zaman ekseninde çizdirilmiş, alttaki resimde ise frekans düzleminde çizdirilmiştir.

5.2. Öznitelik Çıkarma

EEG tabanlı duygu tanıma sistemlerinin ikinci aşaması öznitelik çıkarma aşamasıdır. EEG sinyallerinden farklı öznitelik çıkarma yöntemleri araştırmacılar tarafından önerilmiştir. Genellikle, zaman bölgesinde çıkarılan öznitelikler, frekans bölgesi ve zaman-frekans bölgesinden çıkarılan öznitelikler olarak ayrıştırılabilir. Zaman bölgesinde çıkarılan öznitelikler genelde sinyalin geometrik şeklinden anlamlı bir bilgi çıkarmayı amaçlar. Frekans bölgesinde ise 4Hz frekans aralıklı olarak güç değerlerinin toplamları ile öznitelikler elde edilir. Alt bant güç spektral yoğunluk değerleri bunlara örnek verilebilir. Zaman-frekans karakteristiği ise işaretin zamana bağlı olarak frekans değerlerini ayrıştırma esasına dayanmaktadır. EEG gibi durağan olmayan sinyallerin analizi için genellikle Kısa Dönem Fourier Dönüşümü

(KDFD) ve Dalgacık Dönüşümü (DD) popüler olan zaman-frekans dönüşüm yöntemlerindedir.

Sinyaller genellikle zaman fonksiyonu olarak verilmiştir. Birçok durum için sinyal hakkındaki bilgi frekans tanım alanında ifade edilir. Fourier analizi yardımıyla bir sinyal zaman domeninden frekans domenine aktarılır. Fourier dönüşümü (FD) bir sinyalin içerdiği frekansları gösterir fakat her bir frekansın zamandaki konumunu bildirmez. Yani, uzun süreli EEG kayıtların Fourier Dönüşümü ile frekans dönüşümü yapıldığında tüm frekans bileşenlerin tüm zaman aralığında varmış gibi varsayılır. Fourier dönüşümü durağan (stationary) sinyallerin analizinde oldukça iyi bir yaklaşımdır.

Eğer elimizde EEG gibi durağan olmayan (non-stationary) bir işaret varsa FD yerine, kısa dönem Fourier dönüşümü (short-time Fourier Transform – STFT) kullanılmaktadır. Bu methodda önce uzun dönem işaret, kısa süreli zaman pencerelerine bölünür (bölütleme-segmentation). Sonrasında ise her bir kısa süreli pencerelere FD dönüşümü uygulanır. Bu metotla ilgili zaman aralığındaki frekans bileşenleri belirlenebilir (Arı ve ark., 2008).

Duygu tanıma için, doğrusal (linear), doğrusal olmayan (non-linear), tek-değişkenli (uni-variate), iki-değişkenli (bi-variate) veya çok-değişkenli (multi-variate) öznitelikler kullanılır. Tüm bu öznitelikler çıkartılırken doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik sistem teorisinden yararlanır (Blinowska ve Żygierewicz, 2021).

Tek-değişkenli öznitelikler beynin tek bir bölgesini ile ilgili iken, çok-değişkenli öznitelikler beynin farklı bölgelerinin etkileşimini ifade eder. Tek değişkenli doğrusal öznitelikler için istatistiksel momentler, farklı EEG spektral bantlarının güç değerleri örnek verilebilir. Çok-değişkenli doğrusal olmayan öznitelikler ise korelasyon boyutu, en büyük Lyapunov üsteli, yerel akış, algoritmik kompleksite ve yenileme kaybıdır (Blinowska ve Żygierewicz, 2021).

5.3. Normalizasyon İşlemi

Normalizasyon işlemi, bir dizi içindeki her bir giriş değerini, dizi içindeki minimum ve maksimum değerlerine bağlı olarak ölçeklendirme işlemidir. Sınıflandırıcının eğitimine başlamadan önce giriş ve çıkış verilerinin normalize edilmesi, öğrenme süreci ve hatanın azaltılması açısından önemlidir. Genellikle verilerin $[0,1]$ veya $[-1,+1]$ aralıklarından birine ölçeklendirilmesi

önerilmektedir. Ölçekleme verilerin geçerli eksen sisteminde sıkıştırılması anlamı taşıdığından veri kalitesi aşırı sınımlar içeren problemlerin sınıflandırıcı modellerini olumsuz yönde etkileyebilir.

5.4. Sınıflandırma

Örüntü tanıma, karmaşık ve çok boyutlu veri uzayları içerisinde anlamlı ve tutarlı ilişkiler kurarak karar verme süreci olarak tarif edilmektedir. Örüntü tanıma, endüstriyel uygulamaların yanı sıra otomotiv, tıp, finans, sağlık gibi çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. Örüntü tanıma problemleri genel olarak, sınıflandırma (classification) ve regresyon (regression) olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır. Sınıflandırmanın amacı, farklı sınıflar arasında ayırım yaparak bu sınıfları kendine özgü özniteliklerine göre etiketlemektir. Çok boyutlu öznitelik uzayında sınıfları birbirinden ayırmak için belirli özelliklere sahip bir hiper-düzlem kullanılmaktadır. Bir çok kümeleme ve sınıflandırma teknikleri son 40 içerisinde önemli gelişmeler yaşamıştır. Bunların arasında yapay sinir ağları (YSA), doğrusal ayırtaç analizi (DAA), destek vektör makineleri (DVM) gibi yöntemler örüntü tanıma uygulamalarında kullanılan en yaygın ve verimli teknikler arasında yer almaktadır (Sanei ve Chambers, 2007).

Makine öğrenmesi, örüntü tanımanın bir alt dalı olarak gelişmiş ve temel sınıflandırıcılar kullanarak, sınıflandırma problemi ya da regresyon problemine çözüm bulmaktadır. Bu temel sınıflandırıcılar, Bayes, k-En Yakın Komşuluk (kNN), Karar Ağaçları (DT), Destek Vektör Makineleri (SVM) örnek verilebilir. Derin öğrenme ise son yıllarda bilgisayar dünyasında ekran kartlarının kullanımının artmasına bağlı olarak önem kazanmıştır. Derin öğrenmenin popüler uygulamaları Evrimsel Sinir Ağları (Convolution Neural Network – CNN) ve Uzun-Kısa Süreli Bellek (Long-Short Term Memory – LSTM) olarak gösterilebilir.

Son yılların popüler konusu olan ve birçok alanda başarı oranını ciddi oranda artıran derin öğrenme (deep learning), makinelerin dünyayı algılama ve anlamasına yönelik en popüler yaklaşım olmuştur. Geleneksel öğrenme yöntemlerinde, belli bir matematiksel yöntemle dayanarak öznitelik çıkartan algoritma, ilgili veriye uygulanması sonucu elde edilen öznitelik vektörü çeşitli algoritmalarla sınıflandırılmakta veya regresyon değeri hesaplanmaktadır. Fakat derin öğrenmenin sağladığı en büyük avantaj, önceden oluşturulmuş herhangi bir matematiksel modele dayalı öznitelik çıkarıcıya gerek

duymamasıdır. Öznitelik çıkarma bloğu, otomatik olarak kullanılan veri için uygun olacak şekilde öznitelikleri üretir. Bu sayede veri için hangi öznitelik tipinin uygun olduğuna karar vermektense ziyade derin öğreneme de kullanılacak olan ağ ve her bir katmanda uygulanacak olan işlemler önem kazanmaktadır (Karahan ve Akgül, 2016).

5.5. Başarım Oranının Değerlendirilmesi

Duygu tanıma ile ilgili çalışmalarda başarım değerlendirilmesi için denklem 1, 2 ve 3 de verilen ölçüm değerleri kullanılmaktadır. Doğru Pozitif (DP); test sonucu hasta olarak belirlenen gerçek hastaların sayısı. Yanlış Pozitif (YP); test sonucu hasta olarak belirlenen gerçek normallerin sayısı. Doğru Negatif (DN); test sonucu normal olarak belirlenen gerçek normallerin sayısı. Yanlış Negatif (YN); test sonucu normal olarak belirlenen gerçek hastaların sayısı.

$$\text{Duyarlılık (Sensitivity)} = \frac{DP}{DP+YN} \quad (1)$$

$$\text{Belirlilik (Specificity)} = \frac{DN}{DN+YP} \quad (2)$$

$$\text{Doğruluk (Accuracy)} = \frac{DN+DP}{DN+YN+DP+YP} \quad (3)$$

6. DUYGU TANIMA YAKLAŞIMLARI

Wang ve ark. (Wang ve ark., 2019), duygu tanıma için kanal seçme işlemi gerçekleştiren yeni bir model önermişlerdir. Kısa zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD, Short Time Fourier Transformation –STFT) yöntemi ile her bir kanalın band güçlerini hesaplanmıştır. Mutual information bilgisi ile EEG kanalları arasındaki ilişkiye göre kanal seçme işlemi gerçekleştirmişlerdir. Deneilerini DEAP veriseti üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Sınıflandırıcı olarak DVM kullanılmıştır. Başarım oranı ise 74.41% değerlik (valence) ve 73.64% uyarılma (arousal) eksenleri için elde edilmiştir.

Chen ve ark. (Chen ve ark., 2020), EEG işaretini önışlem olarak Lempel–Ziv karmaşıklığı ve Wavelet katsayıları ile işleme almışlardır. Sonrasında ise Empirical Mode Decomposition (EMD) yöntemi ile sinyal ayrıştırılmıştır ve ilk 4 Instict Mode Function (IMF) üzerinde yaklaşık entropisi (approximate entropy) hesaplanarak öznitelikler elde edilmiştir. Elde edilen bu öznitelikler LIBSVM girişlerine uygulanmış ve sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

DEAP veri seti üzerinde 74.88% ve 82.63%, değerlik (valence) ve uyarılma (arousal) eksenleri için başarımlarını elde etmişlerdir.

Yang ve ark. (Yang ve ark., 2019), DEAP ve SEED verisetleri üzerinde duygu tanıma için yeni bir algoritma gerçekleştirmişlerdir. Öznitelik olarak 10 farklı (Hjorth aktivite, Hjorth mobilite, Hjorth karmaşıklığı, Standart sapma, PSD_Alfa, PSD_Beta, PSD_Gama, PSD_Teta, Örnek Entropi (Sample entropi) ve Wavelet entropi) öznitelik kullanmışlardır. Sınıflandırıcı olarak SVM kullanmışlardır. Başarımları ise %72 DEAP veriseti için ve %89 SEED veriseti için elde edilmiştir.

Li ve ark. (Li ve ark., 2022), parçacık sürü optimizasyona dayalı topluluk (ensemble) yöntemi önermişlerdir. Veriseti olarak DEAP ve SEED üzerinde denek-bağımsız olarak deney gerçekleştirmişlerdir. 13 farklı doğrusal (linear) ve doğrusal olmayan (non-linear) öznitelik çıkarmışlardır. Hjorth parametreleri (3 adet), maksimum güç spektral frekansı, maksimum güç spektral yoğunluğu, yaklaşım entropi (approximate entropi), C0 karmaşıklığı, Korelasyon boyutu, Lyapunov üsteli, Permütasyon entropi, tekil entropi, Shannon entropi, güç spektral entropi kullanılmıştır. Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine-SVM), kNN, Bayes (Naive Bayes-NB), Karar Ağaçları (Decision Tree-DT) ve topluluk (ensemble) yöntemi olarak sınıflandırıcılar kullanılmıştır. Sonuç olarak 65.70% ve 64.22%, değerlik (valence) ve uyarılma (arousal) eksenleri için başarımları elde edilmiştir. SEED veriseti için başarımları ise 84.44%'dür.

Joshi ve Ghongade, (Joshi ve Ghongade, 2021), DEAP ve SEED verisetleri üzerinde deneyler gerçekleştirmişlerdir. Bu verisetleri üzerinde teta, alfa ve beta ve gama bantlarının güç yoğunlukları, Hjorth parametreleri, diferansiyel entropi, rasyonel asimetri öznitelikleri çıkarmışlardır. Sınıflandırıcı olarak BiLSTM network kullanılmıştır. DEAP verisetinde %76 ve %75,5 başarımları uyarılma (arousal) ve değerlik (valence) eksenleri için sağlanmıştır. SEED verisetinde ise %80.64 başarımları sağlanmıştır.

Islam ve ark., (Islam ve ark., 2021), duygu tanıma problemi için CNN tabanlı bir yöntem önermişlerdir. 1-boyutlu EEG işaretinden Pearson's Correlation Coefficient (PCC) yöntemi ile korelasyon matrisi elde edilmiştir. Elde edilen bu öznitelik CNN girişine uygulanmış ve sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. DEAP veri setinde 78.22% değerlik (valence) ve 74.92% uyarılma (arousal) eksenleri için başarımlarını elde etmişlerdir.

Liu ve ark., (Liu ve ark., 2020) DEAP ve SEED veri setleri kullanarak duygu tanıma için CNN tabanlı bir sistem önermişlerdir. DEAP dataset için 89.49% değerlik (valance) ve 92.86% uyarılma (arousal) eksenlerinde başarımlarını elde etmişlerdir. SEED dataset için 96.77% başarımlarını elde etmişlerdir.

Rahman ve ark., (Rahman ve ark., 2021) SEED veriseti üzerinde duygu tanıma işlemi gerçekleştirmişlerdir. EEG işaretlerinin göreceli güç spektral yoğunluk (relative power spectral density) değerleri hesaplanmış ve bu değerler CNN girişine uygulanmıştır. Bu çalışmada her bir deneği bireysel olarak değerlendirmiş ve ortalama başarımlarını %94 başarımlarını elde etmişlerdir.

Tablo 1. Duygu tanıma çalışmalarının karşılaştırmalı özeti

Method	Öznitelik	Sınıflandırıcı	SEED (%)	DEAP (%)
Wang (2019)	STFT	SVM	-----	74.41 değerlik 73.64 uyarılma
Chen (2020)	Lempel–Ziv Karmaşıklığı Wavelet Katsayıları EMD Yöntemi ilk 4 IMF üzerinde yaklaşık entropi	LIBSVM	-----	82.63 değerlik 74.88 uyarılma
Yang (2019)	Hjorth aktivite, Hjorth mobilite, Hjorth karmaşıklığı, Standart sapma, PSD_Alfa, PSD_Beta, PSD_Gama, PSD_Teta, Örnek entropi Wavelet entropi	SVM	89	72
Li (2022)	Hjorth parametreleri (3 adet), Maksimum güç spektral frekansı, Maksimum güç spektral yoğunluğu, Yaklaşım entropi, C0 karmaşıklığı, Korelasyon boyutu, Lyapunov üsteli, Permütasyon	DVM, kNN, Bayes, Karar Ağaçları Topluluk Yöntemi	84.44	64.22 değerlik 65.70 uyarılma

	entropi, Tekil entropi, Shannon entropi, Güç spektral entropi			
Joshi (2021)	Teta, alfa ve beta ve gama bantlarının güç yoğunlukları Hjorth parametreleri, diferansiyel entropi rasyonel asimetri	BiLSTM	80.64	75,5 değerlik 76 uyarılma
Islam (2021)	Korelasyon matrisi	CNN	-----	78.22 değerlik 74.92 uyarılma
Liu (2020)	EEG Altbant Enerji	CNN	96.77	89.49 değerlik 92.86 uyarılma
Rahman (2021)	Göreceli Güç Spektral Yoğunluğu	CNN	94	-----
Topic (2021)	TOPO-FM	CNN-SVM	70.37	76.54 değerlik 76.30 uyarılma
	HOLO-FM		88.45	77.72 değerlik 76.61 uyarılma
Hossain (2023)	MUSIC	Neural Network	97	-----
Zhong (2023)	Q-factor Wavelet Dönüşümü	CNN	95.33	-----
Liu (2023)	VMD	XGBoost	-----	80.47 değerlik 81.77 uyarılma
Xu (2023)	Ham EEG verisi	GRU_CNN	87.04	67.36 değerlik 70.07 uyarılma
Liu (2023)	Ham EEG verisi	Self-attention ve kapsul network	-----	62.71 değerlik 63.51 uyarılma

Topic ve Russo (Topic ve Russo, 2021), EEG sinyallerini kullanarak, topografik (TOPO-FM) ve holografik (HOLO-FM) öznitelikler çıkarmışlardır. Elde edilen öznitelikler fusion işlemi ile birleştirilmiş ardında, CNN ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirmişlerdir. SEED veriseti için, TOPO-FM öznitelikleri için %70.37 başarımları, HOLO-FM için %88.45 elde etmiştir. DEAP verisetinde ise TOPO-FM öznitelikleri için %76.30 (valence) ve %76.54 (arousal) ve HOLO-FM öznitelikleri için %76.61 (valence) ve %77.72 (arousal) elde etmişlerdir.

Hossain ve ark. (Hossain ve ark., 2023) makalelerinde, EEG sinyalleri genellikle, güç spektral yoğunluğu (Power Spectral Density - PSD) gibi parametrik olmayan modeller kullanılarak çıkarılan frekans tabanlı öznitelikler kullanılarak sınıflandırıldıkları işaret ederler. Bu parametrik olmayan yöntemler, karmaşıklığı ve uzun çalışma süresi gerektirir. Bu yöntemin yerine, çoklu sinyal sınıflandırma yöntemini, (Multiple signal Classification - MUSIC) öznitelik çıkarmak için SEED veriseti üzerinde denenmiştir. Sınıflandırıcı olarak Neural Network kullanmışlar ve başarımları 3-sınıf için %97 başarımları elde etmişlerdir.

Zhong ve ark. (Zhong ve ark., 2023), ayarlanabilir Q-faktörlü Dalgacık Dönüşümü (TQWT)-özellik çıkarma yöntemini, çok kanallı EEG sinyallerinin yeni bir uzay-zamansal eksenini oluşturmuşlar ve bir hibrid evrişimsel tekrarlayan Sinir Ağı'nı (HCRNN) içeren yeni bir EEG tabanlı duygu tanıma algoritması önerilmiştir. SEED veriseti üzerindeki testlerde doğruluk oranı olarak %95.33 elde etmişlerdir.

Liu ve ark. (Liu ve ark., 2023), EEG sinyallerini ayırtmak için Variational Mode Decomposition (VMD) yöntemini kullanmışlardır. Sonrasında ise farksal entropi ve Kısa-zamanlı Enerji öznitelikleri çıkarılmıştır. Sınıflandırıcı olarak XGBoost kullanılmıştır. DEAP veriseti üzerindeki testlerde valence eksenini için %81.77 ve arousal eksenini için %80.47 başarımları elde etmişlerdir.

Xu ve ark. (Xu ve ark., 2023), duygu tanıma ile ilgili çalışmalarda kullanılan özniteliklerin zamansal öznitelikler (temporal features) olduğu, mekansal özniteliklerin (spatial dimensions) ihmal edildiğini vurgular. Geleneksel kapılı tekrarlayan birim (Gated Recurrent Unit - GRU) modeli, zaman serisi verilerini işlemede iyi performans gösterir ve evrişimli sinir ağı (CNN), girdi verilerinden uzamsal özellikler elde edebilir. Bu nedenle, her

ikisinin de avantajlarından tam olarak yararlanmak için GRU-Conv adlı hibrit bir GRU ve CNN derin öğrenme yöntemini önermişlerdir. Denek bağımsız (subject-independent) bir model geliştirmişlerdir. SEED ve DEAP verisetleri üzerinde testler gerçekleştirmişler ve ortalama doğruluğu %87.04, DEAP veriseeti için ortalama doğruluğu uyarılma için %70.07 ve değerlik için %67.36'dır.

Liu ve ark. (Liu ve ark., 2023), ham EEG sinyalleri üzerinde işlem yapan yeni bir model önerdiler. Bu modelde, öz-dikkat (self-attention) mekanizmasını öznitelik çıkarmak için kullandılar. Sınıflandırıcı kısmında ise çift katmanlı kapsül network kullandılar. DEAP veriseeti üzerinde, %62.71 ve %63.51 değerlik (valence) ve uyarılma (arousal) eksenlerinde elde ettiler.

6.1. TARTIŞMA

Duyguların soyut olması, insandan insana göre farklılık arz etmesi, duyguların sadece insan beyninde değil, dış etkenlerden çok etkilenmesi, insanların aynı görsele farklı duygusal tepkiler verebilmesi bu alanda yapılan çalışmaların güçlüklerindedir.

Tablo 1'de sunulan çalışmaları öznitelik kullanımı açısından karşılaştırılırsa, EEG tabanlı duygu tanıma çalışmalarında zaman-eksenli, frekans-eksenli ve entropi-eksenli öznitelikler olarak alt gruplara ayrılabilir. Zaman ekseninde hesaplanan öznitelikleri, örneğin Hjorth parametreleri ve istatistiksel momentler, EEG işaretinin zaman eksenindeki değişkenliğini temsil etmektedir ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Yang, Li ve Joshi'nin çalışmalarında zaman-eksenli öznitelikler kullanılmıştır.

Frekans-eksenli öznitelikler, Wang, Yang, Joshi ve Liu çalışmalarında kullanılmıştır. Bu öznitelikler, EEG sinyallerinin frekans alt-bantları (delta, teta, alfa, beta, gama) için sinyallerinin belirli frekans bantlarındaki güç dağılımını hesaplar. Wavelet Dönüşümü, VMD ve EMD yöntemleri ise durağan olmayan (non-stationary) sinyal ayrıştırma yöntemidir. Zhong, Liu ve Chen tarafından kendi çalışmalarında kullanılmıştır.

Entropi-tabanlı öznitelikler, Li ve Joshi çalışmalarında kullanılmıştır. Entropi ölçümleri sinyallerin karmaşıklığını ve düzensizliklerini temsil eder.

Bir diğer öznitelik türü ise iki-değişkenli (bi-variate) öznitelik ve uygulamada korelasyon matrisi hesaplanarak bulunur. Korelasyon matrisi,

EEG kanallarının arasındaki ilişkileri ve bağımlılıkları yakalamak için kullanılır. Islam, çalışmasında korelasyon matrisini kullanmıştır.

Literatürde, genel kullanılan özneliklerin yanında bazı araştırmacılar ise yeni öznelikler kullanmışlardır. MUSIC, Hossain tarafından, TOPO-FM ve HOLO-FM yöntemleri ise Topic tarafından tercih edilmiştir.

EEG-tabanlı duygu tanıma ile ilgili çalışmalar, geleneksel makine öğrenmesi tabanlı, derin öğrenme tabanlı ve ham EEG tabanlı olmak üzere üçe ayrılabilir. Makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımda, uygun öznelikler deneme-yanıma yoluyla belirlenir ve temel sınıflandırıcılara uygulanır. Derin öğrenme tabanlı yaklaşımda ise EEG işaretlerinin çıkarılan öznelikler genellikle resim formatına çevrilerek CNN ile işleme alınır. Son yaklaşımda ise ham EEG verileri direkt olarak geliştirilen derin öğrenme modeline uygulanarak, modelin hem öznelik çıkarması hemde sınıflandırması istenir.

Tablo 1’de görüleceği gibi, Wang, Chen Yang ve Li tarafından doğrusal ve doğrusal olmayan öznelikler çıkarılarak geleneksel makine öğrenmesi sınıflandırıcılarla test işlemi gerçekleştirilmişlerdir. Bu çalışmalarda EEG sinyallerinin özelliklerini modellemek için farklı öznelik türleri seçmişlerdir. Ancak tercih edilen makine öğrenme yöntemleri yeterli öznelik derinliği öğrenme kabiliyeti olmadığı için performans oranı düşüktür.

Islam, Liu ve Rahman çalışmalarında ise derin öğrenme tabanlı modeller önermişlerdir. Önerdikleri modellerin öznelik havuzunu korelasyon tabanlı ve alt-bant güç değerleri olarak oluşturmuşlardır. Seçtikleri derin öğrenme modelleri son teknoloji ürünü (state-of-the-art) olmasına rağmen öznelik havuzu sınırlı olduğundan performans oranları düşük seviyededir. Bu yöntemlerin dezavantajı, EEG sinyalinin yapısını ve doğasını tam olarak modellemede yetersiz öznelikler kullanmalarındır.

Son yaklaşım ise Xu ve Liu’nun yaklaşımıdır, ham EEG sinyallerini doğrudan derin öğrenme modellerine uygulayan öznelik çıkarma tekniklerini kullanmayan ham EEG tabanlıdır. CNN gib derin öğrenme yaklaşımı, görüntü tanıma ve nesne sınıflandırma gibi yöntemlerde başarılı olmaktadır. Ancak EEG sinyalinin doğası gereği gürültü ve düzensizlik içermesi nedeniyle EEG ile ilgili duygu tanımda başarılı olamamıştır. Xu’nun çalışmasında GRU ile öznelikler çıkarılmış ve CNN ile sınıflandırılmıştır. Ancak önerdikleri yaklaşım EEG sinyalinin gürültülü ve düzensiz yapısıyla baş edememiş ve iyi bir skor sağlamamıştır.

Sonuç olarak, yukarıda özetlenen çalışmalarda görüleceği gibi, EEG ile ilgili çalışmalarda başarılı özniteliklerin oluşturulmasından sonra popüler olan derin öğrenme modellerine uygulandığında başarı oranları yüksek çıkmaktadır.

7. SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR

EEG tabanlı duygu tanıma çalışmalarında, hem sinyal işleme hem de derin öğrenme yaklaşımları kullanılmaktadır. Tablo 1’de özetlendiği gibi, makine öğrenmesi ve derin öğrenme alanlarında başarılı sonuçlar bu yöntemlerin etkinliğini ve uygulama potansiyelini ortaya koymaktadır. Derin öğrenme yöntemleri, yüksek başarı oranları ve daha hassas duygu tanıma yetenekleri sağlarken, geleneksel makine öğrenmesi yöntemleri de bazı durumlarda etkili olabilmektedir. Yenilikçi tekniklerin sürekli geliştirilmesi, bu alandaki araştırmaları daha ileri seviyelere taşıyabilir.

Gelecekte gerçek-zamanlı duygu tanıma sistemlerine geçilerek bu çalışmaların nihai sonucu olacaktır. Gerçek zamanlı duygu tanıma cihaz tasarımı için iki ana seçenek bulunmaktadır. Birinci seçenek, EEG sinyallerinin toplanıp, anlık olarak sunucu bilgisayarlarında işlenerek duygu durumlarının tahmini gerçekleştirilmesi içerir. Bu yöntemde merkezi bir sunucuya bağlı olarak çalışılır ve büyük veri analizi ihtiyacı oraya çıkabilir. İkinci seçenek ise hem EEG sinyallerini anlık olarak toplayabilen hem de duygu tahmini anında gerçekleştirebilen, taşınabilir bir elektronik cihaz tasarımıdır. Bu taşınabilir cihazlar, mobil ve pratik bir kullanım sunarak gerçek zamanlı veri toplama ve analiz yapabilme olanağı sağlar. Her iki yaklaşım kullanılarak da EEG tabanlı duygu tanıma sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanabilirliğini artırması sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- Arı N., Özen Ş., Çolak Ö.H., Dalgacık Teorisi, Palme Yayıncılık, Ankara, 2008.
- Asyalı M., Kara S., Yılmaz B., Biyomedikal Mühendisliğin Temelleri, Nobel, İstanbul, 2014.
- Blinowska, K. J., & Żygierewicz, J. (2021). Practical biomedical signal analysis using MATLAB®. CRC Press.
- Chen, T., Ju, S., Ren, F., Fan, M., & Gu, Y. (2020). EEG emotion recognition model based on the LIBSVM classifier. *Measurement*, 164, 108047.
- Dar, M. N., Akram, M. U., Khawaja, S. G., Pujari, A. N., CNN and LSTM-Based Emotion Charting Using Physiological Signals. *MDPI-Sensors*, 2020.
- HOSSAIN, Sakib Abrar, et al. Emotional State Classification from MUSIC-Based Features of Multichannel EEG Signals. *Bioengineering*, 2023, 10.1: 99.
- Islam, M. R., Islam, M. M., Rahman, M. M., Mondal, C., Singha, S. K., Ahmad, M., ... & Moni, M. A. (2021). EEG channel correlation based model for emotion recognition. *Computers in Biology and Medicine*, 136, 104757.
- Joshi, V. M., & Ghongade, R. B. (2021). EEG based emotion detection using fourth order spectral moment and deep learning. *Biomedical Signal Processing and Control*, 68, 102755.
- Karahan Ş., Akgül Y. S., Derin Öğrenme ile Göz Tespiti, IEEE, 2016.
- Koelstra, Sander, et al. Deap: A database for emotion analysis; using physiological signals. *IEEE transactions on affective computing*, 2011, 3.1: 18-31.
- Li, X., Zhang, Y., Tiwari, P., Song, D., Hu, B., Yang, M., Marttinen, P. (2022). EEG based Emotion Recognition: A Tutorial and Review. *ACM Computing Surveys (CSUR)*.
- Li, R., Ren, C., Zhang, X., & Hu, B. (2022). A novel ensemble learning method using multiple objective particle swarm optimization for subject-independent EEG-based emotion recognition. *Computers in Biology and Medicine*, 140, 105080.

- Liu, J., Wu, G., Luo, Y., Qiu, S., Yang, S., Li, W., & Bi, Y. (2020). EEG-based emotion classification using a deep neural network and sparse autoencoder. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 14, 43.
- Liu, S., Wang, Z., An, Y., Zhao, J., Zhao, Y., Zhang, Y. D. (2023). EEG emotion recognition based on the attention mechanism and pre-trained convolution capsule network. *Knowledge-Based Systems*, 265, 110372.
- Liu, Zhen-Tao, et al. Electroencephalogram Emotion Recognition Using Combined Features in Variational Mode Decomposition Domain. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 2023.
- Rahman, M. A., Anjum, A., Milu, M. M. H., Khanam, F., Uddin, M. S., & Mollah, M. N. (2021). Emotion recognition from EEG-based relative power spectral topography using convolutional neural network. *Array*, 11, 100072.
- Topic, Ante; RUSSO, Mladen. Emotion recognition based on EEG feature maps through deep learning network. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 2021, 24.6: 1442-1454.
- Torres, E. P., Torres, E. A., Hernández-Álvarez, M., Yoo, S. G. (2020). EEG-based BCI emotion recognition: A survey. *Sensors*, 20(18), 5083.
- Sanei S., Chambers J.A., EEG SIGNAL PROCESSING, John Wiley, UK, 2007.
- Suhaimi, N. S., Mountstephens, J., & Teo, J. (2020). EEG-based emotion recognition: A state-of-the-art review of current trends and opportunities. *Computational intelligence and neuroscience*, 2020.
- Yazgan E., Korürek M., *Tip Elektronîği*, İTÜ, İstanbul, 1996.
- Yang, F., Zhao, X., Jiang, W., Gao, P., & Liu, G. (2019). Multi-method fusion of cross-subject emotion recognition based on high-dimensional EEG features. *Frontiers in computational neuroscience*, 13, 53.
- Zheng, Wei-Long; LU, Bao-Liang. Investigating critical frequency bands and channels for EEG-based emotion recognition with deep neural networks. *IEEE Transactions on autonomous mental development*, 2015, 7.3: 162-175.
- ZHONG, Mei-yu, et al. EEG emotion recognition based on TQWT-features and hybrid convolutional recurrent neural network. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2023, 79: 104211.

- Wang, Z. M., Hu, S. Y., & Song, H. (2019). Channel selection method for EEG emotion recognition using normalized mutual information. *IEEE Access*, 7, 143303-143311.
- XU, Guixun; GUO, Wenhui; WANG, Yanjiang. Subject-independent EEG emotion recognition with hybrid spatio-temporal GRU-Conv architecture. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 2023, 61.1: 61-73.

BÖLÜM 6

ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ İMALAT SANAYİNDE KULLANIMI

M. Said BAYRAKLILAR¹
Sedat KARABAY²

¹ Siirt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Siirt, Türkiye, said.bayraklilar@siirt.edu.tr, (0000-0002-5365-4441)

² Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Kocaeli, Türkiye, sedat.karabay@kocaeli.edu.tr, (0000-0002-3258-0957)

1. GİRİŞ

Alüminyum alaşımları, yüksek mukavemetleri, düşük yoğunlukları, düşük ağırlıkları ve iyi fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle hem akademik hem de endüstriyel sektörlerde büyük ilgi gören malzemeler arasındadır [1]. Hafif malzemelere yönelik artan talep nedeniyle, alüminyumun uygulama alanı her geçen gün genişlemektedir [2]. Otomotiv ve havacılık endüstrilerindeki enerji tüketiminin orantılı olması nedeniyle, gerekli mukavemeti sağlarken yakıt tüketimini azaltmak için alüminyum alaşımlarına olan ilgi artmaktadır [3].

Malzemelere şekil vermek için kullanılan en önemli yöntemlerden biri talaşlı imalattır [4-6]. Talaşlı imalat operasyonlarının çoğu delme operasyonlarıdır. Delme işlemlerinde; takım ömrü, yüzey kalitesi ve çapak oluşumu en önemli parametrelerdir. Takım ömrünü artırarak gereksiz takım maliyetlerini azaltmanın yanı sıra, sık sık sökülüp takılması ve gerektiğinde bilinmesi gereken bir takım satın almak zaman ve para israfına neden olmaktadır. Takım ömrü çalışmalarının amacı, üretim maliyetlerini ve teslim sürelerini en aza indirmektir.

Yüzey kalitesi özellikle bağlantı elemanlarının kullanılacağı deliklerde önemlidir. Bazı uygulamalarda, istenen yüzey kalitesini elde etmek için delme işleminden sonra tekrar bir işlem yapılması gerekir. Bu ikinci işlem; maliyet ve üretim süresini olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle yüzey kalitesinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar önemlidir.

Oksijen ve silisyumdan sonra yaklaşık %8 ile en bol bulunan üçüncü element olan alüminyum, doğada bileşikler halinde bulunur [7]. Doğada en bol bulunan üçüncü element olan alüminyumun varlığı 1808 yılında İngiliz Sir Humphry Davy tarafından keşfedilmiştir. 1886 yılında Paul Louis Toussaint Heroult (Fransa) ve Charles Martin Hall (Amerika Birleşik Devletleri) birbirlerinden habersiz olarak bir alüminyum üretim teknolojisi geliştirmişlerdir. Halen Hall-Héroult yöntemi olarak kullanılan bu üretim teknolojisi, alüminyum oksidin erimiş kriyolit içinde çözülmesini ve elektrolit altında sıvı halde alüminyum elde etmek için içinden güçlü bir elektrik akımı geçirilmesini içerir. İlk alüminyum elektroliz tesisleri 1888 yılında İsviçre ve Amerika Birleşik Devletleri'nde kurulmuştur [8].

1.1. Alüminyum Malzemesinin diğer metallere göre avantajları

Alüminyumun diğer metallere göre avantajları Alüminyumun diğer metallere göre bir dizi avantajı vardır.

Bunlar arasında

1. Hafiflik
2. Alaşımlarında yüksek mukavemet
3. Yeniden kullanılabilirlik
4. Korozyona karşı yüksek direnç
5. Plastik şekillendirme yeteneği
6. İşlenebilirlik
7. Yüksek termal ve elektriksel iletkenlik
9. Işık ve ısı yansıtıcılığı

Alüminyum diğer metallere kıyasla çevre dostudur ve neredeyse %100 geri dönüştürülebilir. Bugün Türkiye'de ve diğer birçok ülkede uygulanan çevre dostu politikalar sayesinde alüminyum diğer metallerin önüne geçmiştir.

1.2 Alüminyum Malzemesi için Uygulamalar

Günümüzde taşımacılık sektöründeki en önemli zorluk, çevreye verilen zararı ve enerji tüketimini en aza indirmektir. Neredeyse tamamı geri dönüştürülebilen alüminyum, yüksek mukavemet değerlerine rağmen diğer metallere göre daha çevre dostu ve hafif olması nedeniyle taşımacılık sektörünün vazgeçilmezi haline gelmiştir ve taşımacılık sektöründe kullanılan alüminyum miktarı gün geçtikçe hızla artmaktadır [8].

Alüminyum, otomobillerde, uçaklarda, trenlerdeki yük ve yolcu kompartımanlarının yapımında ve gemi inşa endüstrisinde artan miktarlarda kullanılmaktadır [8].

Alüminyum, kamaralardan gezi teknelerine, kuru yük gemilerinin gövde bölmelerini oluşturan yapısal parçalardan üst yapının tamamının inşasına kadar deniz araçlarında ve pervane üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kriyojenik gaz tankları da alüminyumdan yapılır, böylece kriyojenik gazların deniz yoluyla taşınması sırasında tasarruf edilen ağırlık daha fazla gaz taşımak için kullanılabilir [8].

1.3. Alüminyum alaşımları

Alüminyum hafif olması, mükemmel korozyon direncine ve yüksek yansıtma özelliğine sahip olması nedeniyle birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Alüminyumun bu avantajlarının yanı sıra, yetersiz mukavemeti nedeniyle kullanılmak istendiği bazı alanlarda kullanılamamaktadır [8].

Alüminyumun farklı alanlarda kullanılabilmesi için alaşımlandırılarak mukavemeti arttırılmaktadır [8]. Alüminyum alaşımları, saf alüminyuma belirli oranlarda Mg, Si, Mn, Cu ve Zn eklenmesiyle elde edilir. Eklenen bu elementlerin oranı alaşımın mekanik özelliklerini gösteren grafik Şekil 1'de verilmiştir [10].

Seri	İçerik
1XXX	% 99 ve üzeri Al
2XXX	Cu
3XXX	Mn
4XXX	Si
5XXX	Mg
6XXX	Mg ve Si
7XXX	Zn
8XXX	Diğer elementler
9XXX	Kullanılmayan dizin

Şekil 1. Alüminyum alaşımlarının alaşım elementlerine göre sınıflandırılması

1.3.1. 1000 serisi alüminyum alaşımları

Alaşımın alüminyum içeriği % 99 olduğu için alaşımsız alüminyum olarak da bilinir. % 1 oranında alaşım elementi içerir. Soğuk işleme için uygundur [10].

1.3.2. 2000 serisi alüminyum alaşımları

Alüminyum alaşımları arasında ağırlıkça en fazla bakır (Cu) içeren alüminyum alaşımıdır. Çok yüksek mukavemet değerleri elde etmek için çökeltme ile sertleştirilebilir. Dezavantajı, gerilme korozyonu çatlamasına karşı dirençli olmamasıdır [10].

1.3.3. 3000 serisi alüminyum alaşımları

Ağırlıkça en yüksek manganez (Mn) içeriğine sahip alüminyum alaşımıdır. Soğuk işleme için uygundur [10].

1.3.4. 4000 serisi alüminyum alaşımları

Alüminyum alaşımları arasında ağırlıkça en fazla silisyum (Si) içeren alüminyum alaşımıdır [10].

1.3.5. 5000 serisi alüminyum alaşımları

Ağırlıkça en fazla magnezyum (Mg) içeren alüminyum alaşımıdır. Çok yüksek mukavemet değerleri elde etmek için işle sertleştirme yoluyla sertleştirilebilir [10].

1.3.6. 6000 serisi alüminyum alaşımları

Alüminyum alaşımları arasında ağırlıkça en fazla magnezyum (Mg) ve silisyum (Si) elementlerini içeren alaşımıdır. Çökeltme sertleştirme yöntemi ile mukavemet değerleri arttırılabilir. Örnek olarak 6082 kalite alüminyum alaşımının ağırlıkça element oranları Şekil 2'de verilmiştir [10].

Element	Kimyasal Bileşim Aralığı
Zn	< 0,2
Mg	0,6 – 1,2
Cu	< 1
Cr	< 0,25
Mn	0,4 – 1
Fe	< 0,5
Si	0,7 – 1,3
Ti	< 0,1
Al	Kalan

Şekil 1. 6082 kalite alüminyum alaşımının kimyasal bileşim aralıkları [10]

1.3.7. 7000 serisi alüminyum alaşımları

Alüminyum alaşımları arasında ağırlıkça en fazla çinko (Zn) elementi içeren alüminyum alaşımıdır. Alüminyum alaşımları arasında en yüksek sertlik değerlerine ulaşmak için çökeltme sertleştirme ile sertleştirilebilir [10].

2. TALAŞLI İMALAT

Birçok makine parçası nihai şekline talaşlı imalat yöntemleriyle ulaşır. Dövme, haddeme ve döküm gibi şekillendirme yöntemleriyle üretilen parçalara, bu işlem sonucunda istenilen şekil, boyut ve yüzey kalitesini vermek

için genellikle talaşlı imalat yöntemleri kullanılır. Talaşlı imalat yöntemleri kesme ve taşlama olmak üzere iki ana grupta incelenebilir. Kesme, iş parçasından malzeme çıkarma işlemidir. Kesme işleminden sonra yapılan taşlama işlemi ise parçanın istenilen yüzey kalitesi ve boyutlarının elde edilmesi için yapılan işlemdir. En yaygın kesme işlemleri tornalama, frezeleme ve delmedir. Ayrıca özel işlemler için kullanılan raybalama, broşlama, düzeltme ve planyalama gibi yöntemler de vardır. Tüm metal kesme operasyonları aynı mekanik prensibe sahip olsa da kinematikleri ve geometrieleri birbirinden farklıdır.

3. SONUÇLAR

Alüminyum alaşımları, yaklaşık 1930 yılından bu yana uçak yapısal bileşenleri için tercih edilen ana malzeme olmuştur. Polimer matrisli kompozitler yüksek performanslı askeri uçaklarda yaygın olarak kullanılmasına ve modern ticari uçaklardaki bazı uygulamalar için belirlenmiş olmasına rağmen, alüminyum alaşımları ticari uçakların ve askeri kargo ve nakliye uçaklarının gövdesi, kanatları ve destek yapısı için ezici bir seçimdir. İyi bilinen performans özellikleri, bilinen üretim maliyetleri, tasarım deneyimi ve yerleşik üretim yöntemleri ve tesisleri, bu yüzyılın geri kalanında ve muhtemelen bir sonraki yüzyılda da önemli miktarlarda kullanılmasını sağlayacak olan alüminyum alaşımlarına olan güvenin devam etmesinin nedenlerinden sadece birkaçıdır. Ancak en önemlisi, uçaklar için alüminyum alaşımlarında, onları rekabetçi bir konumda tutmaya devam eden büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. İlk yıllarda alüminyum alaşımları deneme yanılma yöntemiyle geliştiriliyordu, ancak son otuz yılda bileşim, işleme, mikroyapısal özellikler ve özellikler arasındaki ilişkileri anlamamızda önemli ilerlemeler kaydedildi. Bu bilgi tabanı, alüminyum uygulamaları için önemli olan özelliklerde iyileşmelere yol açmıştır.

Bu çalışmada Alüminyum alaşımlarının detaylı olarak özellikleri incelenmiştir. Bunun yanı sıra avantajları ve dezavantajlarından ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Bunlara ek olarak farklı tip Alüminyum alaşımlarının çeşitleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bu çalışmada Alüminyum alaşımlarının genel özelliklerinin verilerek kullanım alanları ve yapılan çalışmalardan teorik olarak bahsedilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Zhu M. H. and Zhou Z. R., Fretting wear behaviour of ceramic coating prepared by micro-arc oxidation on Al-Si alloy, *Wear*, 2007, **263**, 472-480.
- [2] Nie X. and Matthew A., Thickness effects on the mechanical properties of micro-arc discharge oxide coatings on aluminium alloys, *Surface and Coatings Technology*, 1999, **116**, 1055-1060.
- [3] Fujda M., Kvackaj T., Nagyova K., Improvement of mechanical properties for EN AW 6082 aluminium alloy using equal-channel angular pressing (ECAP) and post-ECAP aging, *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 2008, **18**, 81-87.
- [4] Seykoç Alüminyum, 6082 Alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi, <http://www.seykoc.com.tr/tr/6082> (Ziyaret tarihi: 22 Mayıs 2013).
- [5] Tufan M., AA 6082 alüminyum alaşımlarında yaşlandırma ısı işleminin işlenebilirliğe ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 2011, 285546.
- [6] Yürekli Y., Frezeleme işleminde eş yönlü ve ters yönlü talaş kaldırmanın CVD/PVD kaplanmış sert metal uçların ömrüne etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2012, 322903.
- [7] Alan S., Alüminyum Raporu, Orta Anadolu İhracatçılar Birliği, <http://www.demirbirlik.org/content/docs/aluminyum-rapor.pdf> (Ziyaret tarihi: 22 Mayıs 2013).
- [8] TMMOB Alüminyum Komisyonu, Alüminyum Raporu, http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_1445.pdf (Ziyaret tarihi: 22 Mayıs 2013).
- [9] Şişmanoğlu T., Anodik oksidasyon yöntemiyle 2024, 6082 ve 7075 kalite Alüminyum alaşımlarının yüzey özelliklerinin geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009, 251622.
- [10] Cayless R. B. C., Rooy E. L., *Metals handbook properties and selection: nonferrous alloys and special-purpose materials*, 10th ed., ASM, Ohio, 1990.



IKSAD
Publishing House



ISBN: 978-625-367-896-8