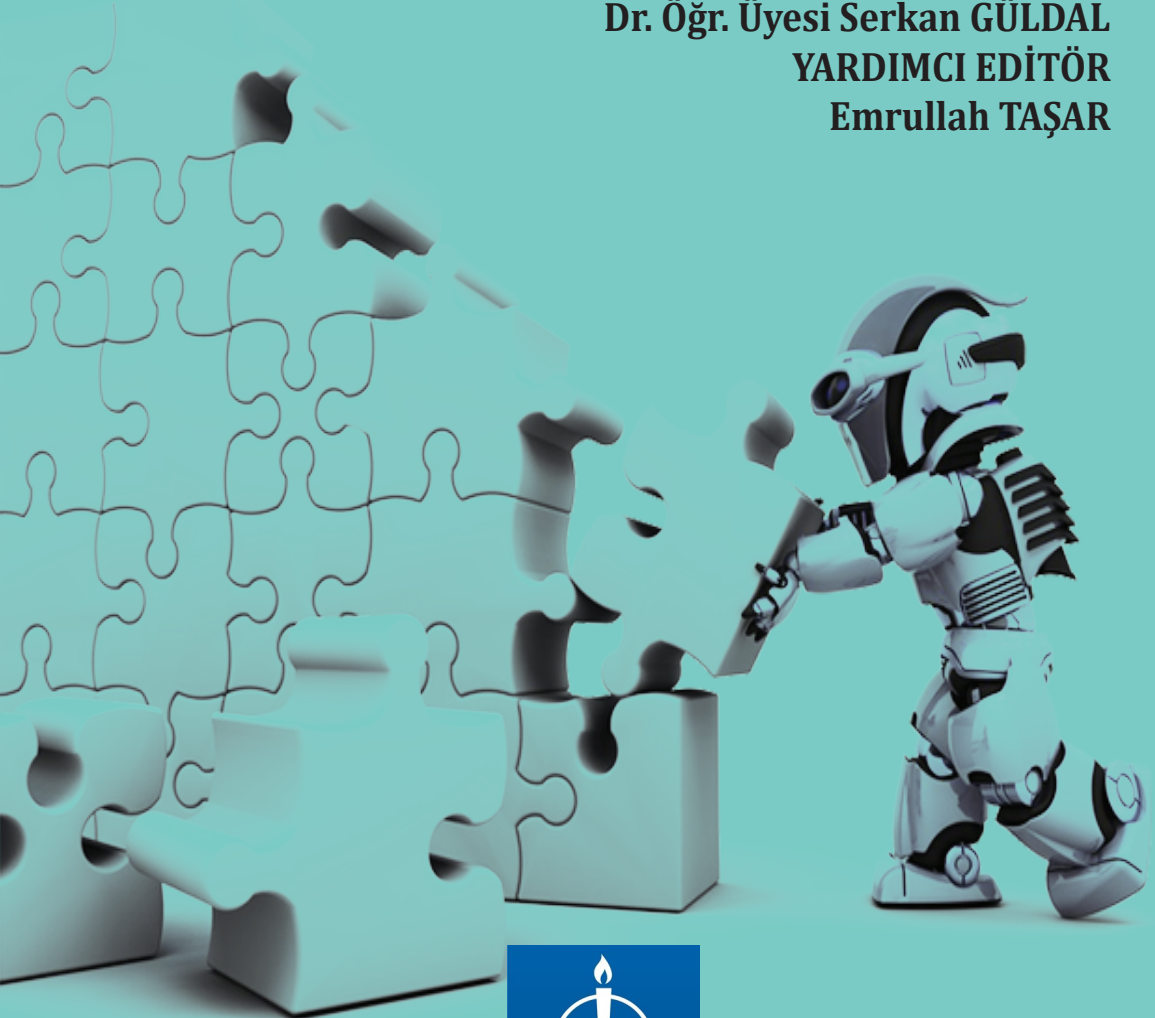


# TEKNOLOJİDEKİ GÜNCEL GELİŞMELER VE UYGULAMALARI: ÇEVRESEL ETKİLERDEN YAPAY ZEKAYA

EDİTÖR  
Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜLDAL  
YARDIMCI EDİTÖR  
Emrullah TAŞAR



**TEKNOLOJİDEKİ GÜNCEL GELİŞMELER VE  
UYGULAMALARI: ÇEVRESEL ETKİLERDEN YAPAY  
ZEKAYA**

**EDİTÖR**

Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜLDAL

**YARDIMCI EDİTÖR**

Emrullah TAŞAR

**YAZARLAR**

Prof. Dr. Salim Serkan NAS

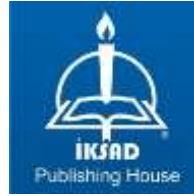
Prof. Dr. Yunus AKALTUN

Dr. Öğr. Üyesi Tuba ÇAYIR TAŞDEMİRCİ

Dr. Çağrı AKGÜN

Dr. Sümeyra CAN

Furkan TANALI



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 Publisher: 2014/31220)  
TURKEY 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.  
Iksad Publications – 2024©

**ISBN: 978-625-367-686-5**  
Cover Design: İbrahim KAYA  
March / 2024  
Ankara / Turkey  
Size = 16x24 cm

## **İÇİNDEKİLER**

### **EDİTÖRDEN / ÖNSÖZ**

*Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜLDAL*.....1

### **BÖLÜM 1**

#### **BARAJLARIN ÇEVRESEL ETKİLERİ**

*Dr. Çağrı AKGÜN*

*Prof. Dr. Salim Serkan NAS*.....5

### **BÖLÜM 2**

#### **SIRALI İYONİK TABAKA ABSORBSİYON VE REAKSİYON (SILAR) BÜYÜTME YÖNTEMİ**

*Dr. Öğr. Üyesi Tuba ÇAYIR TAŞDEMİRCİ*.....23

### **BÖLÜM 3**

#### **NANOTEKNOLOJİNİN TARİHİ VE BOYUTLARINA GÖRE NANOMALZEMELER**

*Dr. Sümeyra CAN* .....33

### **BÖLÜM 4**

#### **DERİN ÖĞRENME ALGORİTMASI VE ELEKTRONİK DEVRE ELEMENLARININ TESPİTİ**

*Furkan TANALI*

*Prof. Dr. Yunus AKALTUN* .....53



## ÖN SÖZ

Bu kitap, farklı uzmanların katkılarıyla oluşturulan bir derleme niteliğindedir. İlk bölümde barajların çevresel ve sosyal etkileri incelenirken, ikinci bölümde SILAR yöntemiyle ince film büyütme sürecini açıklarken, üçüncü bölüm nanomalzemelerin sentezi ve uygulamalarını ele almıştır. Son olarak, dördüncü bölümde yapay zeka kullanarak elektronik devre elemanlarını tespit etme yöntemleri incelenmiştir. Bu kitap, çevre mühendisliği, enerji, malzeme bilimi, nanoteknoloji ve yapay zeka gibi farklı disiplinlerde çalışan okuyucular için kapsamlı bir kaynak sağlamaktadır.

“Barajların Çevresel Etkileri” başlıklı bölümde, yazarlar barajların çevresel ve sosyal etkilerini inceleyerek ve baraj projelerinin insanlar üzerindeki olası etkilerini dair değerlendirmeler sunmaktadır. Araştırma, su kirliliği, bitki örtüsü kaybı, hava kirliliği gibi çeşitli alanlarda olumsuz etkilerin yanı sıra insanların yerinden edilmesi gibi sosyal sonuçları da ele almaktadır. Bu çalışmadan, baraj projelerinin planlanması, inşası ve işletilmesi süreçlerinde yer alan mühendislik ve çevre uzmanları, kamu politika yapıcıları, çevre aktivistleri, sosyologlar ve yerel toplulukların yararlanabileceği çok değerli bir kaynak sunmaktadır.

“Sıralı İyonik Tabaka Absorbsiyon ve Reaksiyon (SILAR) Büyütme Tekniği” başlıklı bölümde, SILAR yöntemi ile ince film büyütme işlemi detaylı bir şekilde açıklanmış ve bu yöntemin kalkojenit ve oksit yapıları malzemelerin büyütülmesinde kullanılan uygun ve kullanışlı bir yöntem olduğu vurgulanmıştır. Elektronik ve malzeme bilimi disiplinlerine ilgi duyan okuyucular için bu bölüm, ince filmlerin büyütülmesi ve karakterizasyonu konusunda önemli bir kaynak olacaktır.

“Nanoteknolojinin Tarihi ve Sınıflandırılması” başlıklı bölüm, nanomalzemelerin sentezi ve uygulamaları üzerine yapılan son araştırmaları ve gelecekteki potansiyel gelişmeleri ele almaktadır. Elektronik, optoelektronik cihazlar ve biyotıp gibi çeşitli alanlarda

nanomalzemelerin kullanımıyla ilgilenen okuyucular için önemli bir kaynak olabilecek niteliktedir.

“Derin Öğrenme Algoritması ve Elektronik Devre Elemanlarının Tespiti” başlıklı çalışmada, Labellmg programı ile etiketlenen direnç görüntüsü üzerinde Yolo v3 ağı kullanılarak yapay zeka ile nesne tespiti yapılmış ve Yolo algoritması ile elektronik devre elemanlarının başarılı bir şekilde tespiti gerçekleştirilmiştir.

Yazarlar, kitabın içeriğiyle ilgili olarak sağlanan her türlü bilgi, kaynak ve sorumluluğu üstlenmişlerdir. Kendi çalışma ve araştırmalarına dayanarak, kitap için özgün ve güvenilir bir içerik sunmaya odaklanmışlardır. Her bir bölüm, ilgili uzmanlık alanının önde gelen isimleri tarafından yazılmış ve bilimsel kaynaklara dayalı olarak hazırlanmıştır. Bu nedenle, sunulan bilgilerin güvenilirliği ve doğruluğu yazarlar tarafından sağlanmıştır.

Ayrıca, belirtmek gerekir ki, kitaptaki fikirler ve görüşler, yazarların kendi kişisel bakış açıları ve uzmanlık alanlarına dayanmaktadır. Bu bakımdan, kitap editörünün veya yayıncının resmi pozisyonunu yansıtmayabilir. Kitap, yazarların bağımsız araştırmalarına ve bilimsel çalışmalarına dayanarak hazırlanmış olup, dolayısıyla yazarlar, içeriğin doğruluğundan ve güvenilirliğinden sorumludur. Editör ve yayınevi, içeriğin oluşturulması ve düzenlenmesi sürecinde yol gösterici olabilir, ancak kitapta ifade edilen her fikir yazarların kendi görüşleridir.

Bu kitap projesi, titiz bir çaba ve fedakârlık gerektiren bir sürecin sonucunda hayata geçirilmiştir. Yazarlar, uzmanlık alanlarındaki derin bilgi ve deneyimlerini paylaşarak bu kitaba teknik anlamda değer katmışlardır. Ayrıca, IKSAD Yayın Evi'nin sağladığı destek ve katkılar, kitabın yayınlanmasını mümkün kılmıştır. IKSAD Yayın Evi'ne içten teşekkürlerimizi sunuyoruz; onların profesyonellikleri ve projemize verdikleri destek, bu çalışmanın başarılı bir şekilde tamamlanmasında büyük öneme sahiptir. Bunu yanı sıra okuyucularımıza da derin bir minnettarlıkla teşekkür etmek istiyoruz. Bu kitap, sizin gibi bilgiye aç ve meraklı okuyucularımızın ihtiyaçlarını karşılamak üzere özenle

hazırlandı. Umarız ki, bu eser teknik konulara olan ilginizi daha da pekiştirir ve bilgi birikiminizi zenginleştirir. Bu projede emeği geçen herkesi içtenlikle kutlarız ve bu kitabın, teknik alanlardaki araştırma ve gelişmeleri desteklemeye katkı sağlamasını umuyoruz.

Editör

Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜLDAL





## **BÖLÜM 1**

### **BARAJLARIN ÇEVRESEL ETKİLERİ**

Dr. Çağrı AKGÜN<sup>1</sup>

Prof. Dr. Salim Serkan NAS<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10892643>

---

<sup>1</sup> Iğdır Üniversitesi, Iğdır Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Iğdır, Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7155-6191>, [cagriakgun2063@gmail.com](mailto:cagriakgun2063@gmail.com)

<sup>2</sup> Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9054-4674>, [serkannas@gmail.com](mailto:serkannas@gmail.com)



## 1. GİRİŞ

Barajlar, nehirlerin su yoluna inşa edilerek arkasında yapay bir göl oluşturan yapılar olarak tanımlanmaktadır. Tarih boyunca içme ve sulama suyu sağlama, endüstriyel su kullanımı, hidroelektrik enerji üretimi ve taşkın kontrolü gibi amaçlarla birçok baraj inşa edilmiştir. Ürdün’de inşa edilen ve M.Ö. 4000 yılından kaldığı düşünülen 4 m yükseklikteki Jawa Barajı, bilinen en eski baraj olarak kabul edilmektedir. Mısır’da M.Ö. 2600 - 2900 yıllarından kaldığı düşünülen Sadd el-Kafara Barajı tarihteki ilk kaya dolgu baraj olarak bilinmektedir. İlk kemer baraj ise M.S. 1300 yılında İran’ın Kum kentinde inşa edilmiştir (Jansen, 1998; Berkün, 2005; Ağırlioğlu, 2007; Haidvogel, 2018; Schmutz ve Moog, 2018).

İlerleyen yıllarda zemin mekaniği ve beton teknolojisi alanlarındaki bilimsel gelişmelerle birlikte araç ve ekipman teknolojisindeki ilerlemeler daha büyük boyutlu barajların yapılabilmesine imkan sağlamıştır. Özellikle 1950’li yıllardan sonra dünyadaki baraj sayısında hızlı bir artış gözlemlenmiştir (Lehner vd., 2011; Zarfl vd., 2014; Adamo vd., 2020). Bugün dünyadaki nehir sisteminin yarısı barajlar tarafından düzenlenmekte ve nehirlerin yalnızca %23’ü herhangi bir baraj etkisi olmadan kesintisiz olarak okyanuslara ulaşmaktadır. Günümüzdeki baraj sayısının 2,8 milyona ulaştığı tahmin edilmektedir (Dynesius ve Nilsson, 1994; Grill vd., 2019; Boulange vd., 2021).

Geçmişte bölgesel kalkınmaya sağladığı faydalar sebebiyle sayıları hızla artan büyük su projelerinin uygulanmasında ekonomik ve teknik faydaların belirleyici olduğu, projenin meydana getireceği sosyal ve çevresel etkilerin göz ardı edildiği görülmüştür (Boakye, 2001). Genel itibariyle barajlar inşaat ve işletme süreçlerinde fiziksel ve ekolojik çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Söz konusu etkiler günümüzde birçok araştırmanın konusunu oluşturmuştur.

Barajların meydana getirebileceği çevresel etkiler; nehrin su kalitesinin bozulması, nehir ekosistemindeki biyolojik çeşitliliğinin azalması, hava kirliliği, bitki örtüsü kaybı, insanların yerlerinden

edilmesi ve sera gazı (GHG) emisyonları olarak özetlenebilmektedir (Baxter, 1977; Ashby vd., 1995; McCartney, 2009; Fearnside, 2015; Schmutz ve Moog, 2018; Wu vd., 2019; Fovet vd., 2019; Alla ve Liu, 2021; Zhang vd., 2022).

## **2. BARAJLARIN ÇEVRESEL ETKİLERİ**

Barajlar; su tutarak oluşturduğu rezervuar alanı ile inşaat ve işletme süreçlerindeki davranışları sebebiyle bölgede ciddi çevresel değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişikliklere uyum sağlayamayan canlı türleri ise yaşamını devam ettirememektedir. Meydana gelebilecek çevresel etkiler bölgeden bölgeye farklılık gösterse de bütün baraj ve büyük sulama projeleri bölgede fiziksel, biyolojik, iklimsel ve sosyal etkilere sebep olmaktadır. Bu bölümde söz konusu etkiler literatürden örneklerle birlikte açıklanmıştır.

### **2.1. Su Kalitesi ve Nehir Ekosistemine Etkisi**

Barajlar, nehirlerin üzerinde inşa edilmesi ve büyük bir inşaat hacmine sahip olması nedeniyle yapım aşamasında su kirliliğine sebep olma riski taşımaktadır. Doğru bir atık yönetim politikasının uygulanamaması yağ, çimento, araç yakıtları vb. kimyasalların nehir sularına karışmasına ve su kalitesinin bozulmasına neden olabilmektedir.

Barajlar, işletme safhasında da nehrin fiziksel, biyolojik ve kimyasal özelliklerini olumsuz etkileyebilmektedir (Kunz vd., 2011). Kurunc vd. (2005), yapmış oldukları çalışmada Kılıçkaya Barajı'nın Kelkit Çayı su kalitesi bileşenlerine olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında baraj mansabındaki bir su kalitesi izleme istasyonundan alınan baraj öncesi ve sonrasına ait veriler karşılaştırılmıştır. Baraj sonrası dönemde çayın  $Na^+$ ,  $K$ ,  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  ve  $Cl^-$  konsantrasyonunda sırasıyla % 12,6, % 9,4, % 16,5, % 15,3, %10,3 ve % 21,5 düşüş gözlemlenmiştir.

Baraj rezervuarları mansap bölgesindeki akış rejimini değiştirmekte ve suyun kimyasal bileşimi de bu akıma göre değişmektedir. Söz konusu etkilerin büyüklüğü barajın konumu,

rezervuar hacmi ve suyun bekleme süresiyle de ilişkili olmaktadır (Taleb vd., 2004; Carling vd., 2015; Schmutz ve Moog, 2018). Selune Nehri üzerinde yapılan bir durum çalışmasında; nehir üzerinde inşa edilen iki barajın memba ve mansap taraflarında su analizi ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlarda barajların özellikle düşük akış koşullarında nehrin silika ve fosfor konsantrasyonunda değişikliklere sebep olduğu, nehir suyu bileşimindeki bu değişikliklerin mansaptaki biyolojik toplulukları etkileyebileceği vurgulanmıştır (Fovet vd., 2019).

Barajlar, suyun termal yapısını değiştirerek baraj öncesi döneme göre sıcaklık farklılıklarına sebep olabilmektedir. Suda yaşayan bazı canlılar bu değişikliklere adapte olamamaktadır. Söz konusu canlıların eksikliği besin zincirindeki pozisyonundan dolayı birçok canlının yaşam döngüsünü etkileyebilmektedir. Zhong ve Power (1996), yapmış oldukları çalışmada Çin’de inşa edilen barajların tatlı su balıkları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmaya göre Xinanjiang ve Danjiangkou barajlarının altında su sıcaklığının düşmesi sebebiyle balıkların yumurtlama dönemlerinin 20 ile 60 gün arasında geciktiği, değişen akış rejimi nedeniyle bazı balıkların yumurtlama alanlarını terk ettiği görülmüştür. Yine hidrolojik rejimin değişmesi Qiantang Nehri için değerli bir balık olan *Macrura revesii* türünün yok olmasına ve nehirdeki tatlı su balık türü sayısının 96’dan 85’e düşmesine sebep olmuştur.

Cheng vd. (2015), Çin’in Yangtze Nehri üzerinde inşa edilen ve 10 barajdan oluşan kademeli baraj sisteminin yerel balıklar üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma alanındaki kademeli baraj sisteminin nehir biyoçeşitliliğini önemli ölçüde etkileyebileceği; su tutmayla birlikte 46 endemik türün yaşam alanlarının yok olacağı, 134 türün popülasyonlarının parçalanacağı ve 35 potamodrom balık türü için göç yollarının engellenebileceği belirtilmiştir. Ayrıca hipolimnetik deşarj nedeniyle balıkların yumurtlama ve büyüme imkânlarının azalacağı ve 13 balık türünün yumurtlama döneminin bir aydan fazla ertelenebileceği vurgulanmıştır.

## **2.2. Hava Kirliliği ve Sera Gazı (GHG) Emisyonu**

### **Etkisi**

Barajlar gerek inşaat gerekse işletme safhalarında hava kirliliğine sebep olabilmektedir. Barajların inşaat sürecinde ağır iş makineleri ve nakliye araçları kullanılmakta, bu araçlardan kaynaklı kirlenici emisyonu meydana gelmektedir. Ayrıca hafriyat çalışmalarından dolayı oluşan toz ve partikül emisyonu da hava kirliliğine neden olmaktadır.

Ravikumar vd. (2014), Hindistan'daki 4 farklı nehir havzası üzerinde inşa edilen baraj ve sulama projelerinin inşaat sürecinde çevredeki hava kalitesine etkisini araştırmışlardır. Bu kapsamda Varahi, Tungabhadra, Ghataprabha ve Bellary Nala nehir havzaları üzerindeki inşaat çevrelerinde sırasıyla 10, 9, 5 ve 5 ölçüm istasyonu kurularak TSPM (toplam askıda partikül madde), RSPM (solunabilir askıda partikül madde) NO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> gibi kirlenicilerin seviyesi ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre dört nehir havzasında da baraj sahasının yakınındaki istasyonlarda yüksek miktarda kirlenici partikül tespit edilmiş ve söz konusu kirlenici miktarı baraj çevresinden uzaklaştıkça azalmıştır. İlgili çalışmada baraj inşaatlarının, bölgedeki insanlar için ciddi bir halk sağlığı sorunu olarak kabul edilen partikül madde kaynaklı hava kirliliğine sebep olduğu vurgulanmıştır.

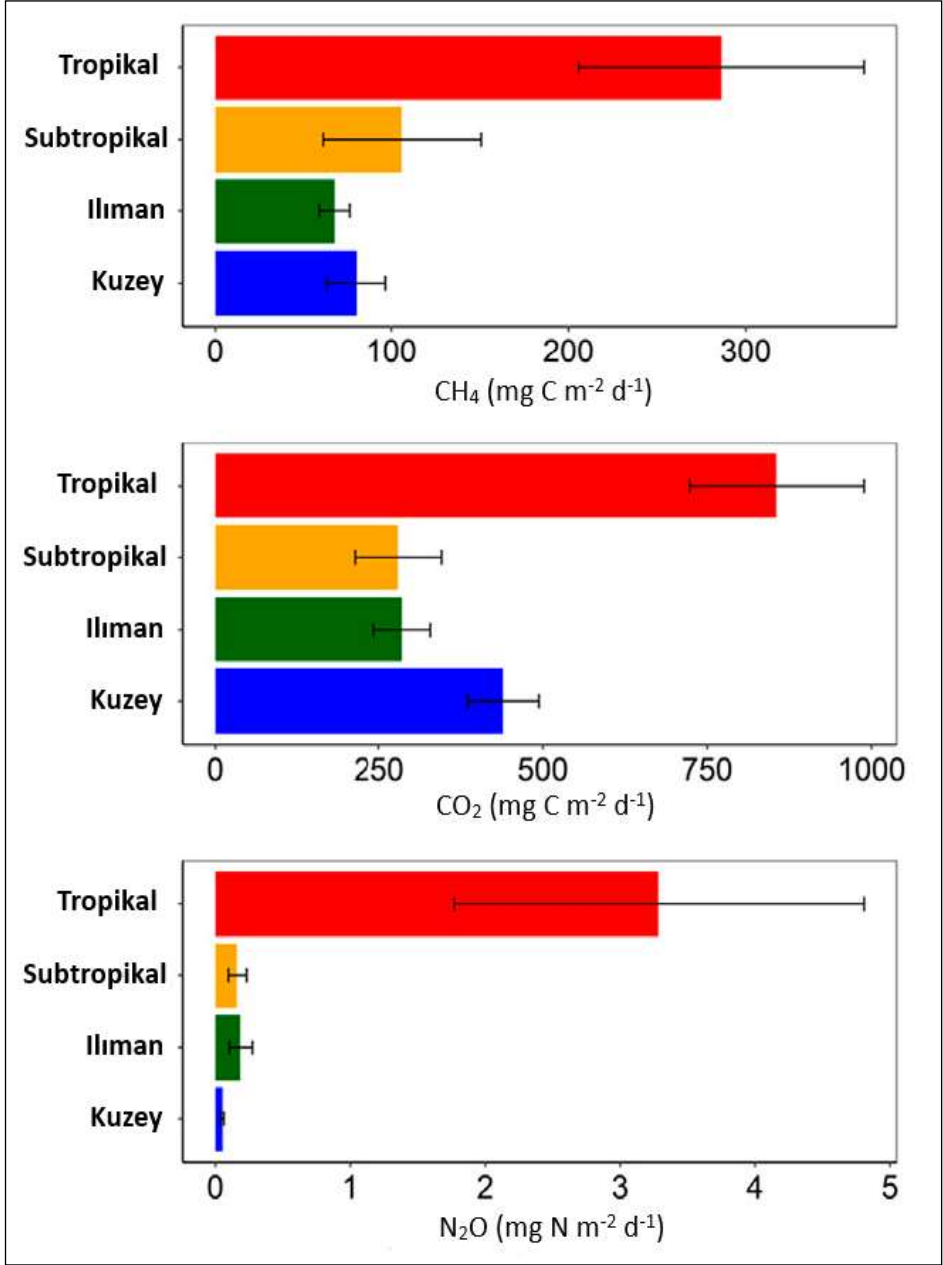
Barajlar, genellikle yeşil enerji kaynağı olarak nitelendirilse de birçok araştırmada rezervuar altındaki biyokütlenin bakteriler tarafından ayrıştırılması nedeniyle CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> emisyonu yaptığı tespit edilmiştir. Baraj rezervuarları, var olan bir ekosistem üzerinde yapay olarak oluşturulduğundan doğal yollarla oluşmuş göllerden daha yüksek seviyede GHG emisyonu yapmaktadır (Kiene vd., 1991; Fearnside, 1999; Yang vd., 2013; Maeck vd., 2014; Deemer vd., 2016).

Rezervuarlardan kaynaklanan GHG emisyon miktarı bölgeden bölgeye çevresel şartlar, rezervuar alanı, derinliği, yaşı, suyun rezervuarda kalma süresi ve rezervuar altında kalan bitki örtüsü miktarına bağlı olarak büyük ölçüde değişkenlik göstermektedir. Özellikle tropikal bölgelerdeki baraj rezervuarları besin zenginliği ve

yüksek su sıcaklıkları nedeniyle ılıman ve kuzey bölgelerdeki baraj rezervuarlarından çok daha yüksek seviyede GHG emisyonu yapmaktadır (Louis vd., 2000; Bastviken vd., 2011; Demarty ve Bastien, 2011; Bansal vd., 2015; Almeida vd., 2019).

Aşağıda Şekil 1’de 1950-2017 yılları arasında farklı iklim bölgelerindeki baraj rezervuarlarından meydana gelen GHG emisyonlarının karşılaştırılması verilmiştir.





**Şekil 1.** İklim bölgelerine göre baraj rezervuarlarından meydana gelen GHG emisyonları (Yan vd., 2021).

Fearnside (2002), yapmış olduğu çalışmada Brezilya'da Amazon Nehri üzerinde kurulmuş en büyük rezervuarlı barajlardan biri olan Tucuruí Barajı'nın GHG etkisini ele almıştır. Barajın 1990 yılında 7,0 – 10,1 milyon ton karbon eşdeğeri CO<sub>2</sub> emisyonu yaptığı belirtilmiştir. Söz konusu değerin Brezilya'nın en büyük şehri olan Sao Paulo'nun yıllık fosil yakıt emisyonundan daha fazla olduğu vurgulanarak baraj rezervuarlarından kaynaklanan emisyon miktarının büyüklüğüne dikkat çekilmiştir.

Kemenes vd. (2011), yapmış oldukları çalışmada Brezilya'da Amazon havzasının en büyük ikinci rezervuarını oluşturan Balbina Barajı'nın CO<sub>2</sub> emisyonunu tahmin etmişlerdir. 1770 km<sup>2</sup> alana sahip olan rezervuarda 14 farklı ölçüm noktası kurularak 2004-2006 yılları arasında emisyon ölçümleri yapılmıştır. Toplam emisyonun belirlenebilmesi için; rezervuar yüzey emisyonu, türbinlerden çıkan gaz deşarjı, türbin çıkışındaki gaz giderme ve baraj mansabındaki nehir emisyonu dikkate alınmıştır. 2005 yılı için Balbina Baraj sisteminden, rezervuar ve 30 km mansap bölgesindeki nehir sınırına kadar 2531 Gg karbon eşdeğerinde emisyon hesaplanmıştır. Bu miktarın % 97'si baraj rezervuarından meydana gelmiştir.

Ion ve Ene (2021), yapmış oldukları çalışmada Prut Nehri üzerinde, Romanya ve Moldova Cumhuriyeti sınırında yer alan Stânca-Costesti Barajı'nın yıllık GHG emisyonunu literatürdeki farklı yöntemleri kullanarak hesaplamışlardır. CO<sub>2</sub> emisyonu için 4 (Scherer, Barros, G-res, IPCC 2006), CH<sub>4</sub> emisyonu için 6 farklı yöntem (Scherer, Barros, G-res, IPCC 2019, Vilela, Bastviken) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar arasında farklılıklar görünmekle birlikte metodoloji açısından G-res modelinin daha kapsamlı olduğu belirtilmiştir. G-res modeliyle yapılan hesaplamalarda Stânca-Costesti Baraj sisteminin yıllık 5 g/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> eşdeğerinde net GHG emisyonu yaptığı belirtilmiştir.

### **2.3. Bitki Örtüsü ve Tarım Alanları Kaybı**

Büyük barajlar, yapıldığı bölgenin iklimsel özelliklerini etkileyebildiğinden nehir kıyısındaki bitki örtüsünün değişmesine sebep olabilmektedir. Söz konusu durum rezervuar ve nehir altı bitki örtüsü için de geçerli olabilmektedir. Ayrıca geniş baraj rezervuarları, insanların yaşam alanlarını ve tarım alanlarını sular altında bırakmaktadır (Ledec ve Quintero, 2003; Tealdi vd., 2011; Randell ve Curley, 2023).

Bauni vd. (2015), yapmış olduğu çalışmada Amazon Havza'sında inşa edilen Yacyreta Barajı'nın su tutması sebebiyle meydana gelen ekosistem etkilerini araştırmışlardır. Barajdan yapılmadan önce ve baraj rezervuarının nihai seviyesine geldiği zamanlar olmak üzere 1987 ve 2011 yılları için Landsat uydu görüntüleri yardımıyla arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde baraj rezervuarının dolmasıyla birlikte sulak alanların % 7,5, mera alanlarının % 4 ve doğal ormanların % 2,8 oranında olumsuz etkilendiği görülmüştür. Meydana gelen doğal ortam etkilerinin % 95,8'inin de barajın memba kısmında olduğu belirtilmiştir.

Akıncı vd. (2017), yapmış oldukları çalışmada Türkiye'nin Artvin ilinde, Çoruh Nehri üzerine inşa edilen beş büyük barajın mevcut tarım alanlarına etkisini ve alternatif yeni tarım alanlarını araştırmışlardır. Tamamlanan barajlardan üçünün 796 ha verimli tarım arazisini sular altında bıraktığı tespit edilmiştir. Bu alanların yerine bölgede alternatif tarım alanlarının bulunabilmesi için ArcGIS yazılımı kullanılarak Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi uygulanmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda potansiyel alanlardan sadece % 9,8'inin tarım alanı olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Söz konusu bulguların, barajın yapılmasıyla birlikte kaybolan verimli arazilerin yerine alternatif alan bulmanın güçlüğü de gözler önüne sermektedir.

Rufin vd. (2019), yapmış oldukları çalışmada barajların arazi kullanımına etkileriyle ilgili yapılan 54 durum çalışmasını sentezleyerek raporlamışlardır. Söz konusu bulgularda; inşa edilen barajların bölgedeki arazi kullanımında yarattığı değişikliklerin % 23'ünü orman alanlarının, % 21'ini tarım arazilerinin ve % 11'inin yerleşim alanlarının oluşturduğu belirtilmiştir. Ayrıca barajların toplumsal ve çevresel sistemler üzerinde %42'lik bir seviyede dolaylı etkilere sebep olduğu belirtilmiştir.

#### **2.4. Yerinden Edilen İnsanlar ve Sosyolojik Etkiler**

Çeşitli amaçlara hizmet etmek için inşa edilen barajlar, nehir çevresinde önemli miktarda arazileri de sular altında bırakmaktadır. Söz konusu araziler suya yakınlık, verimli topraklar ve çeşitli ticari faaliyetlerden dolayı yoğun insan yerleşimine maruz kalmıştır. Bu alanların su altında kalması, bölgedeki insanların geçim kaynaklarının kaybı, kültürel açıdan önemli yerlerin yok olması, insanların evlerinden ve yerlerinden edilmesi gibi havzadaki topluluklar üzerinde yıkıcı etkilere neden olabilmektedir. Öyle ki dünya genelinde baraj yapımından dolayı 40-80 milyon arasında insanın doğrudan yerinden edildiği, 472 milyon insanın da dolaylı olarak olumsuz etkilendiği belirtilmektedir. Bu insanlar doğup büyüdüğü yerleri, eğitim gördüğü okulları hatta atalarının mezarlarını sular altında bırakarak başka yerleşimlere taşınmaktadırlar (Kaika, 2006; Randell, 2016; Fang ve Jawitz, 2019; Randell ve Curley, 2023).

Yerinden edilen insanlara devlet tarafından ödenen kamulaştırma ve yeniden yerleşim bedellerinin insanların ihtiyacını ne derece karşıladığı da tartışma konusu olmaktadır. İnşa edilmiş olan 50 büyük baraj projesi üzerine yapılan araştırmalarda, yeniden yerleşen insanların yeni yaşamlarına yeterince adapte olamadığı, yaşam kalitelerinin düştüğü ve ekonomik durumlarının kötüleştiği belirtilmektedir (Cernea, 2003; Scudder, 2005; Tilt vd. 2008).

Tilt vd. (2008), büyük baraj projelerinin sosyal etkileri üzerine kapsamlı bir çalışma yapmışlardır. Güney Afrika'daki 5 büyük barajdan oluşan Lesotho Su Projesi ve Çin'de Mekong Nehri

üzerindeki Manwan Barajı'nın sosyal etkileri araştırılmıştır. Her iki projenin de bölge halkı üzerinde tarımsal üretim, ekonomik refahın düşmesi, ulaşım sorunlarının yaşanması ve yaşam kalitesinin azalması gibi benzer olumsuz etkilere sebep olduğu görülmüştür. Söz konusu çalışmada mevcut değişikliklerden kadınların daha fazla etkilendiği belirtilmiştir. Örneğin yeniden yerleşen insanlara tazminat ödendiğinde bu para evin erkeğine verilerek kadının bu konudaki pozisyonu etkisizleştirilmiştir. Yeniden adaptasyon ve kırsal kalkınma eğitimleri kapsamında bölge halkına verilen eğitimler de kadınlar ve erkekler için farklıydı. Erkek bireylere tornacılık, kaynakçılık, inşaat ustalığı gibi kurslar verilirken kadınlara kümesçilik ve süt ürünleri eğitimi verilmiştir. Erkek bireylerin bu eğitimden sonra emeğe yönelik çalışmaları faydalı olabilirken kadınlar aldıkları eğitimin uygulaması için yeterli sermaye bulamadığından kazanç sağlayamamıştır. Güney Afrika'daki Lesotho Su Projesi ile birlikte ekonomik durumu iyi olmayan bölge halkının daha da fakirleşmesi ve inşaat faaliyetleri için gelip yıllarca kalan erkek işçilerin varlığının bölgedeki seks işçiliğini artırdığı ve cinsel yollarla bulaşan hastalıkların ciddi seviyelere ulaşmasına sebep olduğu belirtilmiştir.

### **3. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Uzun yıllardan beridir bölgesel kalkınma projelerinin önemli bir ayağını oluşturan barajlar, dünyanın birçok yerinde toplumların su ve enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla inşa edilmiştir. Baraj bölgesinden uzaktaki çok sayıda insanın faydasına olan bu projeler, ne yazık ki baraj bölgesine yakın canlıların yaşamını olumsuz etkilemektedir. Yapılan birçok çalışmaya göre, barajların inşaat ve işletme aşamasında su ve hava kirliliği, toprak kayıpları, biyolojik çeşitliliğin azalması, insanların yerlerinden edilmesi gibi birtakım sosyal ve çevresel olumsuzluklara yol açtığı bilinmektedir. Barajların çevresel ve sosyal etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada literatürden somut örnekler verilerek meydana gelebilecek etkiler değerlendirilmekte ve inşa edilecek yeni baraj projelerinin meydana getireceği etkileri azaltabilecek birtakım öneriler sunulmuştur.

Baraj projelerinin uygulanması öncesinde hazırlanan çevresel etki değerlendirme (ÇED) ve planlama raporlarının, meydana gelebilecek tüm potansiyel etkilerin belirlenmesini, önlenmesini ve azaltılmasını kapsayacak şekilde hazırlanması önerilmektedir. Sucul ekosistemin korunabilmesi noktasında nehirdeki balık türü ve göç davranışına uygun balık geçitlerinin yapılması gerekmektedir. Baraj rezervuarlarının meydana getireceği GHG emisyonunun azaltılabilmesi için baraj inşaatından önce rezervuar alanındaki bitki örtüsünün tıraşlanarak, su tutma işleminden sonraki biyolojik ayrışmanın minimuma indirilmesi sağlanmalıdır. Yerinden edilen insanların yeni yaşamlarına adaptasyonun kolaylaştırılması için yeterli kamulaştırma ve yeniden yerleşim bedellerinin ödenmesi, gerekli psikolojik destek ve eğitim programlarının uygulanması ve bu insanlar için inşa edilen yeni yerleşim yerlerinin önceki yaşam tarzlarına uygun fonksiyonlarda olması önerilmektedir.

Baraj öncesi önlemlerden farklı olarak mevcut barajlar için de gerekli ekosistem koruma ve iyileştirme planlarının uygulanması gerekmektedir. Barajların çevresel performansının artırılmasına yönelik araştırmaların azlığı ve her barajın kendine has sosyal - çevresel etkiler oluşturabilmesinden dolayı bir barajın meydana getirebileceği etkilerin tamamen tahmin edilmesi imkânsız görülmektedir. Söz konusu başarının artırılabilmesi noktasında karar vericiler tarafından kapsamlı saha çalışmaları için birtakım finansal desteklerin verilmesi de öneriler arasındadır.

## **KAYNAKÇA**

- Adamo, N., Al-Ansari, N., Sissakian, V. Laue, J., 2020. Dam Safety and Overtopping. *J. Earth Sci. Geotech. Eng.*, 10, 41–78.
- Ağırlioğlu, N., 2007. Baraj Planlama ve Tasarımı, Su Vakfı Yayınları, ISBN 978 - 975-6455-29-6, İstanbul, 262s.
- Akıncı, H., Özalp, A.Y., Özalp, M., 2017. Investigating Impacts of Large Dams on Agricultural Lands and Determining Alternative Arable Areas Using GIS and AHP In Artvin, Turkey. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(1), 83-95.
- Alla, Y.M.K. ve Liu, L., 2021. Impacts of Dams on the Environment: A Review. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 6(1), 64-74.
- Almeida, R.M., Shi, Q., Gomes-Selman, J.M., Wu, X., Xue, Y., Angarita, H., Barros, N., Forsberg, B.R., García-Villacorta, R., Hamilton, S.K., Melack, J.M., Montoya, M., Perez, G., Sethi, S.A., Gomes, C.P., Flecker, A.S., 2019. Reducing Greenhouse Gas Emissions of Amazon Hydropower With Strategic Dam Planning. *Nat. Commun.* 10, 4281.
- Ashby, S. L., Kennedy, R. H., Jabour, W. E., 1995. Water Quality Dynamics in the Discharge of A Southeastern Hydropower Reservoir: Response to Peaking Generation Operation. *Lake and Reservoir Management*, 11, 209-215.
- Bansal, S., Chakraborty, M., Katyal, D., Garg, J.K., 2015. Methane Flux From A Subtropical Reservoir Located in The Floodplains of River Yamuna, India. *Applied Ecology and Environmental Research*, 13(2), 597-613.
- Bauni, V., Schivo, F., Capmourteres, V., Homberg, M., 2015. Ecosystem Loss Assessment Following Hydroelectricdam Flooding: The Case of Yacyretá, Argentina. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 1, 50–60.
- Baxter, R.M., 1977. Environmental Effects of Dams and Impoundments. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 8, 255-83.

- Berkün, M., 2005. Su Kaynakları Mühendisliği, Birsen Yayınevi, İstanbul, 439s.
- Boakye, P.G., 2001. Environmental Impacts of the Akosombo Dam and Effects of Climate Change on The Lake Levels. *Environment, Development and Sustainability*, 3, 17–29.
- Boulangé, J., Hanasaki, N., Yamazaki, D., Pokhrel, Y., 2021. Role of Dams in Reducing Global Flood Exposure Under Climate Change. *Nature Communications*, 12, 417.
- Carling, G. T., Tingey, D. G., Fernandez, D. P., Nelson, S. T., Aanderud, Z. T., Goodsell, T. H., Chapman, T. R., 2015. Evaluating Natural and Anthropogenic Trace Element Inputs Along An Alpine to Urban Gradient in the Provo River, Utah, USA. *Applied Geochemistry*, 63, 398–412.
- Cernea, M.M., 2003. For A New Economics of Resettlement: A Sociological Critique of the Compensation Principle. *International Social Science Journal*, 55 (175), 37–45.
- Cheng, F., Li, W., Castello, L., Murphy, B.R., Xie, S., 2015. Potential Effects of Dam Cascade on Fish: Lessons From the Yangtze River. *Rev. Fish Biol. Fisheries*, 25, 569–585.
- Deemer, B.R., Harrison, J.A., Li, S., Jake J., Beaulieu, Delsontro, T., Barros, N., Bezerra-Neto, J.F., Powers, S.M., Dos Santos, M.A., Vonk, J.A., 2016. Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis. *BioScience*, 66(11), 949-964.
- Demarty, M., Bastien, J., 2011. GHG Emissions From Hydroelectric Reservoirs in Tropical and Equatorial Regions: Review of 20 Years of CH<sub>4</sub> Emission Measurements. *Energy Policy*, 39, 4197–4206.
- Dynesius, M. ve Nilsson, C., 1994. Fragmentation and Flow Regulation of River Systems in the Northern Third of the World. *Science* 266, 753-762.
- Fang, Y. and Jawitz, J.W., 2019. The Evolution of Human Population Distance to Water in the USA From 1790 to 2010. *Nat. Commun.*, 10, 430.



- Fearnside, P. M., 1999. Social Impacts of Brazil's Tucuruí Dam, *Environ. Manage.* 24(4), 485–495.
- Fearnside, P.M., 2002. Greenhouse Gas Emissions from A Hydroelectric Reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the Energy Policy Implications. *Water, Air, and Soil Pollution*, 133. 69–96.
- Fearnside, P.M., 2015. Belo Monte: Actors and Arguments in the Struggle Over Brazil's Most Controversial Amazonian Dam. *Journal of the Geographical Society of Berlin*, 148(1), 14-26.
- Fovet, O., Ndom, M., Crave, A., and Pannard, A., 2020. Influence of Dams On River Water-Quality Signatures At Event And Seasonal Scales: The Sélune River (France) Case Study, *River Res. Appl.*, 36, 1267–1278.
- Haidvogel, G., 2018. Historic Milestones of Human River Uses and Ecological Impacts, *Riverine Ecosystem Management Science for Governing Towards a Sustainable Future*, Springer Pub., 19-39.
- Ion, I.V., Ene, A., 2021. Evaluation of Greenhouse Gas Emissions from Reservoirs: A Review. *Sustainability*, 13, 11621.
- Jansen, R.B., 1988. *Advanced Dam Engineering for Design, Construction, and Rehabilitation*, Van Nostrand Reinhold Pub. New York, 797s.
- Kaika, M., 2006. Dams As Symbols of Modernization: The Urbanization of Nature Between Geographical Imagination and Materiality *Ann. Assoc. Am. Geogr.*, 96, 276–301.
- Kemenes, A., Forsberg, B.R., Melack, J.M., 2011. CO<sub>2</sub> Emissions from A Tropical Hydroelectric Reservoir (Balbina, Brazil). *Journal Of Geophysical Research*, 116, G03004.
- Kiene RP. 1991. Production and consumption of methane in aquatic systems; in Rogers JE, Whitman WB, eds. *Microbial Production and of Greenhouse Gases: Methane, Nitrogen Oxides, and Halomethanes*. American Society for Microbiology, 111-146.
- Kunz, M. J., Wüest, A., Wehrli, B., Landert, J., Senn, D. B., 2011. Impact of a Large Tropical Reservoir on Riverine Transport of Sediment, Carbon, and Nutrients to Downstream Wetlands, *Water Resour. Res.*, 47, 1–16.

- Kurunca, A., Yurekli, K., Okman, C., 2005. Effects of Kilickaya Dam on Concentration and Load Values of Water Quality Constituents in Kelkit Stream in Turkey. *Journal of Hydrology*, 317, 17–30.
- Ledec, G. and Quintero, J. D. (2003). Good dams and bad dams: environmental criteria for site selection of hydroelectric projects.
- Lehner B, Liermann CR, Revenga C, Vo"ro"smarty C, Fekete B, Crouzet P, Do"ll P, Endejan M, Frenken K, Magome J, Nilsson C, Robertson JC, Ro"del R, Sindorf N, Wisser D. 2011. Highresolution Mapping of the World's Reservoirs and Dams For Sustainable River-Flow Management. *Front Ecol Environ*, 9:494–502.
- Louis, V.L., Kelly, C.A., Duchemin, E., Rudd, J.W.M., Rosenberg, D.M., 2000. Reservoir Surfaces as
- Maeck A, Hofmann H, Lorke A., 2014. Pumping Methane Out of Aquatic Sediments: Ebullition Forcing Mechanisms in An Impounded River. *Biogeosciences*, 11, 2925–2938.
- McCartney, M., 2009. Living With Dams: Managing the Environmental Impacts. *Water Policy*, 11(1), 121-139.
- Randell, H. and Curley, A., 2023. Dams and tribal land loss in the United States. *Environ. Res. Lett.* 18, 094001.
- Ravikumar, P., Prakash, K.L., Somashekar, R.K., 2014. Air Quality Indices to Understand the Ambient Air Quality in Vicinity of Dam Sites of Different Irrigation Projects in Karnataka State, India. *International Journal of Science and Nature*, 5(3), 531-541.
- Rufin, P., Gollnow, F., Muller, D., Hostert, P., 2019. Synthesizing Dam-Induced Land System Change. *Ambio*, 48, 1183–1194.
- Schmutz, S. ve Moog, O., 2018. Dams: Ecological Impacts and Management, *Riverine Ecosystem Management Science for Governing Towards a Sustainable Future*, Springer Pub., 111-128.

- Scudder, T., 2005. *The Future of Large Dams: Dealing with Social, Environmental, Institutional and Political Costs*. Earthscan, London.
- Sources of Greenhouse Gases to the Atmosphere: A Global Estimate. *BioScience*, 50(9), 766-775.
- Taleb, A., Belaidi, N., Gagneur, J., 2004. Water Quality Before and After Dam Building on A Heavily Polluted River in Semi-arid Algeria. *River Research and Applications*, 20(8), 943–956.
- Tealdi, S., Camporeale, C., Ridolfi, L., 2011. Modeling the Impact of River Damming on Riparian Vegetation. *Journal of Hydrology*, 396, 302-312.
- Tilt, B., Braun, Y., He, D., 2008. Social Impacts of Large Dam Projects: A Comparison of International Case Studies and Implications for Best Practice. *Journal of Environmental Management*, 90, 249–257.
- Wu, H., Chen, J., Xu, J., Zeng, G., Sang, L., Liu, Q., Yin, Z., Dai, J., Yin, D., Liang, J., Ye, S., 2019. Effects of dam Construction on Biodiversity: A Review. *Journal of Cleaner Production*, 221, 480-489.
- Yan, X., Thieu, V., Garnier, J., 2021. Long-Term Evolution of Greenhouse Gas Emissions From Global Reservoirs. *Front. Environ. Sci.* 9, 705477.
- Yang, L., Lu, F., Zhou, X., Wang, X., Duan, X. Sun, B., 2014. Progress in the Studies on the Greenhouse Gas Emissions From Reservoirs. *Acta Ecologica Sinica*, 34, 204–212.
- Zarfl, C., Lumsdon, A.E., Berlekamp, J., Tydecks, L., Tockner, K., 2014. A Global Boom in Hydropower Dam Construction. *Aquatic Sciences*, 77, 161-170.
- Zhang, X., Fang, C., Wang, Y., Lou, X., Su, Y., Huang, D., 2022. Review of Effects of Dam Construction on the Ecosystems of River Estuary and Nearby Marine Areas. *Sustainability*, 14, 5974.
- Zhong, Y., Power, G., 1996. Environmental Impacts of Hydroelectric Projects On Fish Resources in China. *Regulated Rivers: Research & Management*, 12, 81-98.

## BÖLÜM 2

### SIRALI İYONİK TABAKA ABSORBSİYON VE REAKSİYON (SILAR) BÜYÜTME YÖNTEMİ

Dr. Öğr. Üyesi Tuba ÇAYIR TAŞDEMİRCİ<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10892647>

---

<sup>1</sup> Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü  
Sorumlu Yazar (Corresponding author) tcayir@erzincan.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9519-8483



## 1.İNCE FİLM NEDİR?

"İnce film" katman olarak tek bir katmanı olan veya 1 µm (mikrometre) kalınlığından daha az kalınlığa sahip birkaç katmanı tanımlamak için kullanılmaktadır (Abbas, 2009). Planlanan çalışmaya göre cam, silikon, bazı tuzlar veya polimer malzemelerden yapılmış katı yapılar üzerinde biriktirilerek meydana getirilirler (Al-Nuaimi ve ark., 2009). İnce filmlerin yüzey alanlarının geniş olması karakterize edilebilirliğini ortaya koymaktadır. İnce filmlerin optik ve elektriksel özelliklerini hazırlama yöntemlerine ve eklenen safsızlıkların türünün veya oranlarının değiştirilmesi veya baz sıcaklığının değişmesi gibi koşullara bağlı olarak değiştirme olasılığı vardır. Ayrıca katı halde olmaları fiziksel ve kimyasal özelliklerini inceleyebilme avantajı sağlamaktadır.

İnce filmler nano ölçekli nesnelere olup, parçacıkların bileşimine, boyutuna ve şekline bağlı olarak elektronik, optik, fotokimyasal, katalitik ve manyetik özelliklere sahiptirler. Bu özellikler sayesinde malzeme üretim imkânı oldukça fazladır. Malzeme üretimi yapılan ince filmlerin boyutu ve şekli üzerinde kontrol sahibi olduğumuzda, malzeme özelliklerinin ve cihaz işlevlerinin daha da iyileştirilmesini sağlamak oldukça mümkün olmaktadır. Malzemelerin bileşimindeki veya boyutundaki her değişiklik, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere yol açarak bir dizi yeni uygulama sağlayabilir. Malzemenin boyutu nanometre aralığında olduğunda, malzemenin birçok olağan önemsiz özellikleri, örneğin kuantum mekaniksel özellikler ve termodinamik özellikler baskın hale gelir ve nanomalzemelerde özel nitelikler ortaya çıkmasını sağlar. Nano boyuttaki malzemeler, geniş yüzey alanı ve kuantum sınırlaması nedeniyle onları toplu muadillerine kıyasla gelişmiş özelliklere sahip yapan büyüleyici özellikleri nedeniyle daha fazla ilgi çekmektedir (Bououdina ve ark., 2014). İnce filmler farklı malzemeler üzerine kaplandığında malzemenin yapısını değiştirdiği için optik, elektronik ve optoelektronik gibi birçok teknolojik alanlarda kullanılmaktadır. Yarıiletken ince filmlerin dalga boyları ve enerji bant aralıkları göz önüne alındığında opto elektronik cihazlar, güneş pilleri, fotoiletkenler,

sensörler gibi çok geniş uygulama alanlarında da oldukça fazla kullanılmaktadırlar (Akaltun ve Çayır, 2015).

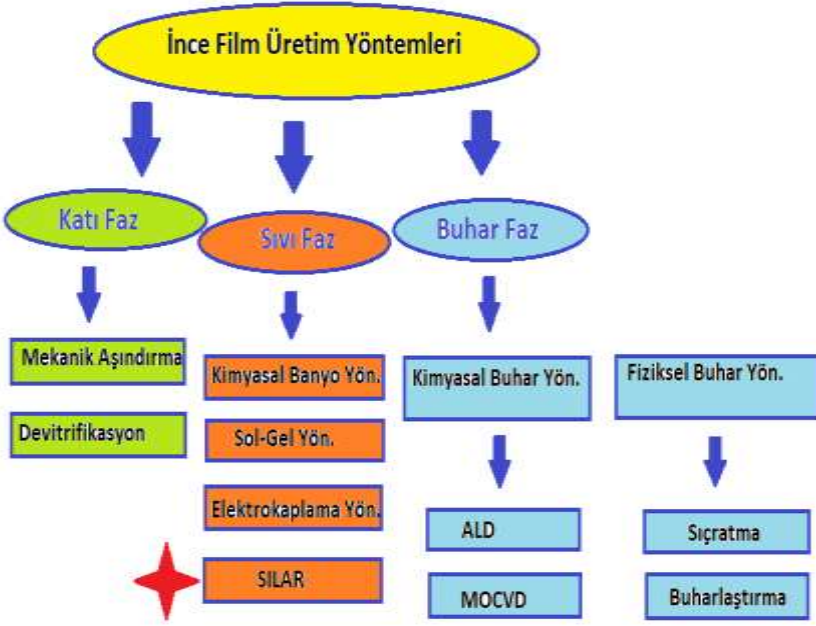
## **2. İNCE FİLM BÜYÜTME YÖNTEMLERİ**

Katı bir malzemenin (cam, ITO, vs) yüzeyine ince filmlerin büyütülmesi amacıyla, film meydana getirecek materyalin parçacıkları, bu ortamın malzeme yüzeyi ile doğrudan temas halinde olacak şekilde bir taşıyıcı ortamdan geçmelidir. Parçacıklar alt tabakanın yüzeyine ulaştığında, bunun bir kısmı Van der Waals kuvvetleri yoluyla yüzeye yapışır veya onunla kimyasal olarak reaksiyona girer. Bu parçacıklar atomlar, moleküller veya iyonlar olabilirler. İnce film büyütme için kullanılan yöntemler istenilen malzemeyi altlık olarak kullanılan yüzeye aktarıldığı ortam vasıtalarıyla (katı, sıvı, gaz halinde veya bir vakumda) olabilmektedir.

**Katı Faz:** Katı fazda, alt tabaka biriktirilecek malzeme ile temas halindedir, ancak yalnızca ince bir tabaka oluşturmak için alt tabaka üzerine yayılan parçacıklardır. Fakat ince filmlerin parçacıklar arası temasla elde edilmesi oldukça zordur.

**Sıvı Faz:** Bu yöntem de Sol-jel yöntemi gibi, çökeltme yöntemlerinin çeşitliliği nedeniyle kullanım kolaylığı sağlamakta ve karakterize edilebilirlik sunmaktadır.

**Gaz veya Buhar Fazı:** Bu yöntem, kimyasal buhar biriktirme yöntemlerinde tercih edilir. Gazlı ortam ile vakumlu ortam arasındaki temel fark, ortalama serbest parçacık yolunda (iki çarpışma arasındaki yol) yatar. İnce film biriktirme amacıyla referans bir yöntem olmadığı, farklı yöntemler kullanılabilir olasıdır. Ayrıca, altlık hazırlığı iyi katmanlar elde etmek için önemli bir adımdır (Rahal, 2013).



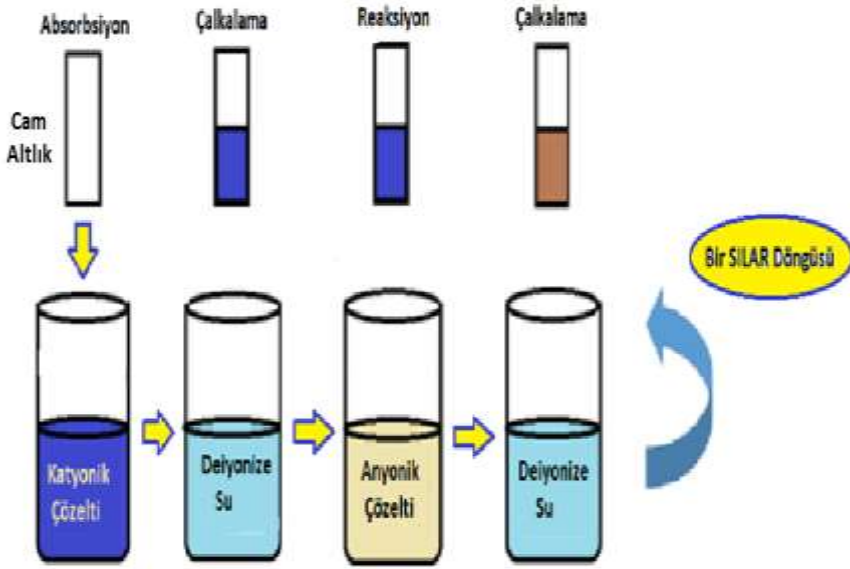
**Şekil 1.** İnce film büyütme yöntemleri (Katı, Sıvı ve Buhar fazına göre)

İnce film özellikleri, çökeltme yöntemlerine, alt tabaka malzemelerine, alt tabaka sıcaklığına, biriktirme hızına ve arka plan basıncına büyük ölçüde bağlıdır. Malzemenin uygulanması ve gerekli özellikleri, o malzemenin ince filmlerinin hazırlanmasına yönelik tekniği belirler. Günümüzde Şekil 1.'de gösterildiği gibi ince film biriktirmek için kullanılan çok sayıda biriktirme yöntemi bulunmaktadır. Bununla birlikte, her yöntemin kendine özgü sınırlamaları vardır ve işlem özellikleri, alt tabaka malzemesi sınırlamaları, beklenen film özellikleri ve maliyet açısından önceliklere sahiptir. Bu nedenle, herhangi bir özel uygulama için en iyi tekniği seçmek oldukça önem arz etmektedir. Katı ve gaz fazı, sıvı fazına göre daha maliyetli sistemler içermektedir. Sıvı fazlı ince film büyütme tekniklerinde maliyet katı-gaz fazına nispeten daha düşük olduğu için daha fazla tercih edilmektedir. Bu yöntemler arasında SILAR yöntemi daha basit, ucuz, uygulanabilirliği kolay ve birçok parametreyi değiştirebilme kolaylığı sağlayan ince film büyütme yöntemidir.



### 3. SILAR Yöntemi

SILAR yöntemi, ince filmlerin altlık üzerine biriktirilmesi için kullanılan hassas bir tekniktir. SILAR yöntemi , II-VI grubu yarıiletken malzemelerin büyütülmesinde sıkça kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra oksitli ince filmler de büyütülmektedir (Akaltun ve Çayır, 2012). Her iki yarıiletken ince film büyütme için kullanılan SILAR yönteminin şematik gösterimi Şekil.2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Her SILAR döngüsü dört aşamadan oluşur ve homojen bir film elde etmek için işlem birçok kez tekrarlanır. SILAR yönteminin aşamaları aşağıda sıralanmıştır;



Şekil. 2.SILAR yönteminin şematik gösterimi [Taşdemirci,2019].

**Kationik Çözeltiye Daldırma (Aşama 1):** Cam altlık ilk olarak kationik çözeltiliye daldırılır. Bu aşama 30 saniye sürer. Bu süre zarfında cam altlık kationik çözeltiliye maruz bırakılır ve bu da kationik iyonların cam altlık yüzeyinde adsorbe olmasına izin verir.

**Deiyonize Suyla Durulama (Aşama 2):** Kationik çözeltinin daldırılmasının ardından cam altlık, 60 saniye süreyle deiyonize su banyosuna aktarılır. Bu adım, zayıf bağlı iyonların cam altlık

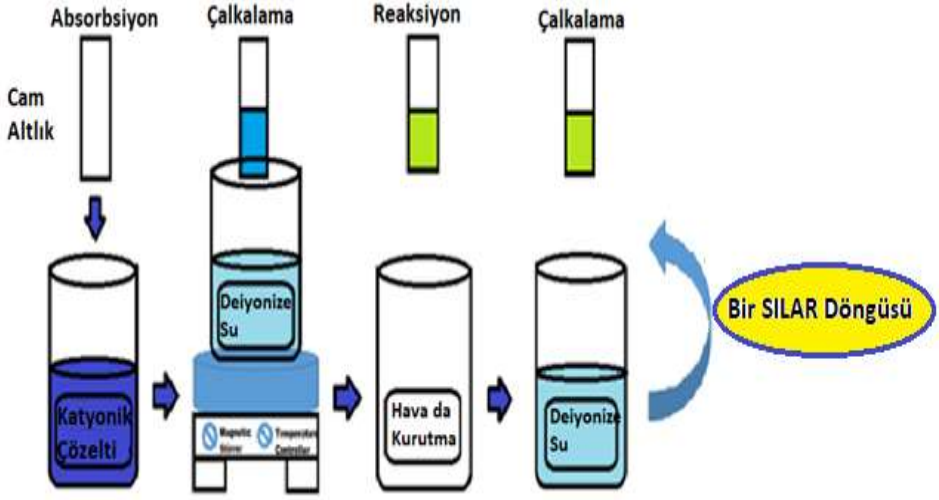
yüzeyinden durulanmasına ve ayrılmasına hizmet eder ve yalnızca güçlü bağlı iyonların kalmasını sağlar.

**Anyonik Çözeltiyi Daldırma (Aşama 3):** Daha sonra cam alt tabaka, 30 saniye boyunca anyonik çözeltiyi daldırılır. Bu aşamada anyonik iyonların cam altlık yüzeyine yapışarak istenilen bileşiği oluşturur.

**Deiyonize Suyu Durulama (Aşama 4):** Zayıf bağlı iyonları yüzeyden uzaklaştırmak için cam altlık 60 saniye boyunca tekrar deiyonize suya yerleştirilir.

Bu dört aşama tek bir SILAR döngüsünü oluşturur. Bu döngü daha sonra istenilen film büyümesi seviyesine ulaşıncaya kadar birçok kez tekrarlanır.

SILAR yöntemi ile hem kalkojenit yapıları malzemeler büyütülürken ayrıca oksit yapıları malzemelerin büyütülmesinde de kolaylık sağlamaktadır. Büyütme işlemi yine dört aşamadan oluşmaktadır. Fakat çalkalama işleminin olduğu 2. Aşama da kullanılan deiyonize suyun sıcaklığı artırılıp daha kısa süre daldırma işlemine substrat yüzeyi maruz bırakılmaktadır. 3. Aşamada anyonik çözelti bulunmadığı için o süreçte hava ile temas halinde tutulup kurutma işlemi yapılmaktadır. Son olarak 4. Aşamada deiyonize suda çalkalama işlemi yapılarak bir SILAR döngüsü gerçekleştirilmektedir. Bu işlem kullanılan cam altlık yüzeyi homojen kaplanana kadar devam etmektedir. Kullanılan malzemelere göre bekletme süreleri ve çözelti içerikleri değişiklik göstermektedir. Şekil 3’de oksitli büyütülen ince filmin şematik hali verilmiştir.



Şekil.3. Oksitli büyütülen ince filmin SILAR şematik gösterimi [Taşdemirci,2019].

Şekil 3’de oksitli bileşik cam altlık üzerine büyütülürken ilk aşamada 30 saniye bekletilirken, 2. Aşama da 100 °C kaynayan suda 7 saniye tutularak yüzeyde zayıf bağlı olan elementler yüzeyden ayrılırlar. 3. Aşama da 60 saniye hava da kurutma işlemine tabii tutulur ve 4. Aşama da 30 saniye deiyonize su da tutularak bir SILAR döngüsü tamamlanmış olur.

SILAR tekniği ile bir ince film tabakası oluşum reaksiyonu aşamaları şu şekildedir:

Örneğin; MnS bileşiği için gerekli katyonik ve anyonik çözeltileri  $MnCl_2$  ve  $Na_2S$  olsun.

$MnCl_2$  katyonik ve  $Na_2S$  anyonik çözeltileri cam yüzey her temas ettiğinde reaksiyona girerek MnS bileşiğini cam yüzey üzerinde oluşturur. Zayıf bağlı olan Cl ve Na elementleri durulama sürecinde cam altlık yüzeyinden ayrılır. İstenilen bileşik taban malzeme üzerinde büyütülmüş olur.

SILAR tekniğinde yüksek kalite gerektiren altlık veya vakum ortamı gerekli olmaması, altlık malzeme boyutunda herhangi bir sınırlama olmaması, oda sıcaklığında oldukça sağlıklı malzemeler elde

edilebilmesi, katkılama işleminin diğer yöntemlere göre daha kolay olması, büyüme oranının ve film kalınlığının kontrol edilebilir olması bu tekniğin tercih edilme nedenlerini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak ince film büyütme için sıvı faz da kullanılan yöntemler arasında yer alan SILAR yöntemi oldukça uygun ve kullanışlı bir yöntemdir.

## **KAYNAKÇA**

- Abbas, B. A., 2009. The effect of annealing on the structural and optical properties of (ZnO) the films. University of Baghdad, M.Sc.Thesis, Baghdad, 29s.
- Alnuaimi, A. D. A., Alzubaidi, A. M. D. and Hayat, Z. H., 2009. A study of optical properties of stannate cadmium ( $Cd_2 SnO_4$ ) thin films prepared by thermochemical spraying method. *Journal of Engineering and Technology*, 27(14): 220-227.
- Akaltun Y. (Çayır T.) 2012. Tez NiO İnce Filmlerinin SILAR Tekniği İle Büyütülmesi, Yapısal, Optik ve Elektriksel Özelliklerinin İncelenmesi
- Akaltun Y., Çayır T. Fabrication and characterization of NiO thin films prepared by SILAR method *Journal of Alloys and Compounds* 625(2015), 144-148
- Bououdina, M., Omri, K., Elhilo, M., Elamiri, A., Lemine, O. M., Alyamani, A., Hıllıl, E. K., Lassrı, H. and Elmır, L., 2014. Structural and magnetic properties of Mn doped ZnO nanocrystals. *Physica*, E56: 107-112.
- Rahal, A., 2013. Development of conductive glasses by deposition of ZnO on ordinary glasses. University of Eloud, Thesis by Magister, Eloud, 54s.
- Tasdemirci T. Study of the physical properties of CuS thin films grown by SILAR method *Optical And Quantum Electronics*, 51(2019) 7
- Taşdemirci T.Ç., Influence of annealing on properties of SILAR deposited nickel oxide films *Vacuum* 167(2019) 189-194

## **BÖLÜM 3**

### **NANOTEKNOLOJİNİN TARİHİ VE BOYUTLARINA GÖRE NANOMALZEMELER**

Dr. Sümeyra CAN<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10892651>

---

<sup>1</sup> Bayburt Üniversitesi, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Optisyenlik Programı, Bayburt, Türkiye, [sumeyrasacakli@bayburt.edu.tr](mailto:sumeyrasacakli@bayburt.edu.tr), ORCID ID 0000-0002-2471-5786



## NANOTEKNOLOJİNİN TARİHİ

Nanoteknolojinin tarihi çeşitli bilimsel, teknolojik ve toplumsal gelişmeleri kapsayan çok yönlü ve dinamik bir konudur. Nanoteknolojinin evrimi 1959'da Amerikalı fizikçi Richard Feynman tarafından nanoteknolojinin kavramsallaştırılması, Amerika Birleşik Devletleri'nde Ulusal Nanoteknoloji Girişimi'nin kurulması ve 2000'li yılların başlarında nanoteknolojiyi çevreleyen artan kamu farkındalığı ve tartışmalar dâhil olmak üzere önemli kilometre taşlarıyla işaretlenmiştir (Guston, 2013; Bayda ve ark. 2019; Su ve ark., 2022). Nanoteknolojinin gelişimi ve uygulanması, malzeme bilimi, biyotıp ve elektronik dâhil olmak üzere çeşitli bilimsel disiplinlerde dönüştürücü değişikliklere yol açmıştır (Choi ve Mody, 2009; Roco, 2011; Ariga, 2023). Nanoteknolojinin ortaya çıkışı aynı zamanda gelişimini stratejilendirmek ve ilgili toplumsal ve etik sonuçları ele almak için ulusal ve uluslararası politikaların oluşturulmasını da teşvik etmiştir (Ezema ve ark., 2014; Hasmin ve ark., 2022). Nanoteknoloji mesleki eğitiminin tarihsel öncülleri ve emsalleri, Latin Amerika'da nanoteknolojinin gelişimi ve moleküler elektroniğin uzun tarihi, nanoteknolojinin tarihsel anlatısının şekillenmesine de katkıda bulunmuştur (Kay & Shapira, 2008; Yawson, 2011; Thoreau & Delvenne, 2012). Nanoteknolojinin tarihsel bağlamı, nanoteknolojinin potansiyelinin toplumsal fayda ve bilimsel ilerleme için kullanılmasına yönelik devam eden çabaları yansıtan araştırmaların, politika girişimlerinin ve teknolojik ilerlemelerin sürekli gelişimi ile karakterize edilmiştir. Nanoteknolojinin tarihi bilimsel, teknolojik, ekonomik ve toplumsal boyutları kapsayan, bu dönüştürücü alanın çok yönlü doğasını yansıtan zengin ve çeşitli bir dokudur.

Nanobilim ve nanoteknolojinin temel taşı olan nanomalzemelerin kullanım alanları dünya çapında hızla büyüyen bir araştırma odağı haline gelmiştir. Arzu edilen malzemelerin ve ürünlerin elde edilmesinde şekil ve işlevsellik yönünden önemli bir potansiyel barındırmaktadırlar. Günümüzde popüler olan bu malzemelerin ileride önemli bir ticaret unsuru olacağına kesin gözüyle bakılmaktadır. Nanomalzemelerin hem benzersiz manyetik, elektriksel, optik ve diğer



özellikleri hem de öncelikle tıp alanı olmak üzere elektronik ve diğer alanlarda kullanılmaları onları daha da ilgi çekici yapmaktadır.

Nanoteknolojinin tanımı genel olarak; yeni özelliklere ve işlevlere sahip malzemeler elde etmek için maddenin nanometre boyutunda (100 nm'den küçük) ölçülmesi, kontrol edilmesi ve yeniden yapılandırılması anlamına gelmektedir. Nanoteknoloji esasen iki ana yaklaşım içermektedir. Birincisi yukarıdan aşağıya yaklaşım olarak bilinen büyük yapıların boyutlarının nano ölçeğe indirilmesi veya büyük yapılardan daha küçük kompozit parçaların ayrıştırılmasıdır. İkincisi ise malzemelerin atomlardan veya moleküler bileşenlerden birleştirme veya kendi kendine birleştirme yoluyla tasarlanan alttan yukarıya yaklaşımdır. Mevcut teknolojik imkânların birçoğu yukarıdan aşağıya yaklaşımı esasına dayanmaktadır. Moleküler düzeyde nanoteknolojik gelişmeler tıp, sağlık, enerji, biyoteknoloji, malzeme, imalat ve ulusal güvenlik alanlarında kritik çıkış potansiyeline sahiptir. Çeşitli tanımlama faktörlerine bağlı olarak iç ve dış yapılar arasında kesinlikle bir ayırım yapılmıştır. Bu nedenle bir nesne her üç boyutta da 100nm'den büyük olabilir, ancak yine de nano ölçek aralığında yapısal özelliklere sahipse bir nanomalzeme olarak kabul edilebilir.

### **1. Sıfır Boyutlu Nanomalzemeler (0D)**

Sıfır boyutlu (0D) nanoyapıların sentezi, karakterizasyonu ve uygulamaları, benzersiz özellikleri ve çeşitli alanlardaki potansiyel uygulamaları nedeniyle kapsamlı araştırmaların konusu olmuştur. Kuantum noktaları ve nanopartiküller gibi sıfır boyutlu nanoyapılar, bilim camiasında büyük ilgi topladı. Araştırmacılar kontrollü üretim yöntemlerinin önemini vurgulayarak 0D nanoyapıların sentezi için yukarıdan aşağıya yaklaşımlara odaklandılar (Wang ve ark., 2020). Ek olarak ortaya çıkan 0D geçiş metali dikalkogenidleri (TMD'ler) sensörler, biyotıp ve temiz enerjideki uygulamaları açısından araştırılmış olup ultra küçük boyutları ve yüksek yüzey-hacim oranları vurgulanmıştır (Li ve ark., 2017). Ayrıca nanokristaller gibi 0D nanoyapıların sentezi ve özellikleri gelişmiş sodyum iyon pillerdeki potansiyel uygulamaları için araştırılmış olup, bu da 0D malzemelerin enerji depolama teknolojilerindeki önemini ortaya koymaktadır (Fang

ve ark., 2019). 0D sistemlere yönelik X-ışını absorpsiyon spektroskopisi (XAS) uygulamalarının gözden geçirilmesi 0D vakaları da dahil olmak üzere düşük boyutlu malzemelerin karakterizasyonuna ilişkin bilgiler sunmuş ve 0D nanoyapıların anlaşılmasında ileri karakterizasyon tekniklerinin önemini altını çizmiştir (Mino ve ark., 2013). Sentezlenen nanoyapıların benzersiz özellikleri ve gelişmiş kataliz potansiyelleri vurgulanarak 0D/2D nanoyapıların kolay sentezi vurgulanmıştır (Cai ve ark., 2019). Şarj edilebilir pillerdeki yüksek performanslı elektrotlar için bakır sülfürün morfolojisi ve boyut değişimleri araştırılarak, 0D nanoyapılı malzemelerin imalatındaki zorluklara ve başarılarına ışık tutulmuştur (Kalimuldina ve ark., 2020).

Özetle sıfır boyutlu nanoyapıların sentezi, karakterizasyonu ve uygulamaları çeşitli teknolojik gelişmeler ve bilimsel keşifler için potansiyellerini ortaya koyan önemli bir araştırma konusu olmuştur.

## **2. Tek Boyutlu Nanomalzemeler (1D)**

Tek boyutlu (1D) nanomalzemeler benzersiz özellikleri ve çeşitli alanlardaki potansiyel uygulamaları nedeniyle büyük ilgi görmüştür. Nanoteller, nanotüpler ve nanoçubuklar gibi bu malzemeler yüksek en boy oranları ve ayırt edici elektronik, mekanik ve fotoelektrik özellikler sergiler (Sun ve ark., 2010; Jiang ve Song, 2014; Tang ve diğerleri, 2016; Zhao ve ark., 2017; Guan ve ark., 2019). 1D nanomateryallerin kullanımının artması, bunların potansiyel toksisitesine ilişkin endişeleri artırmış ve biyouyumlulukları ve çevresel etkileri konusunda kapsamlı çalışmalara duyulan ihtiyacı vurgulamıştır (Yang ve ark., 2021). Ayrıca 1D nanomalzemeler yüksek aktiviteleri, stabiliteyi ve benzersiz yapıları nedeniyle elektrokataliz, fotokataliz ve hidrojen üretimi dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda umut vaat etmektedir (Hahm, 2016; Hou ve ark., 2018; Guan ve ark., 2019;). Ek olarak yüksek performanslı termoelektrik cihazların yapımı, 1D nanomalzemeler üzerine yapılan araştırmaların odak noktası olmuştur (Qiu ve ark., 2005). 1D bor nitrür nanomalzemelerinin sentezi ve mühendislik uygulamaları, onların yeni fotoelektrik, manyetik, mekanik ve elektronik taşıma özelliklerini vurgulayan kapsamlı bir araştırmaya konu olmuştur (Sun ve ark., 2010). Dahası nanoscroll'lar

gibi 1D nanomalzemelerin kontrollü üretimi, 2D malzemelerden özellikleri miras almanın ve yeni işlevler sergilemenin bir yolu olarak araştırılmıştır (Huang ve ark., 2019). Kadmiyum Selenit (CdSe) nanomalzemeleri gibi yarı 1D nanomalzemelerin benzersiz geometrik ve fiziksel özellikleri, onları yüksek performanslı elektronik ve optoelektronik cihazlar için çekici hale getirmiştir (Jin ve Hu, 2019). Biyolojide, kataliz ve algılama uygulamaları da dahil olmak üzere çeşitli alanlardaki 1D nanomalzemelerin potansiyeli, yeni sensörler ve tahlil platformları olarak umut vaat eden çinko oksit (ZnO) nanomateryalleri ile kabul edilmiştir (Hahm, 2016). Ayrıca 1D nanomalzemelerde bükülme ve katlanma gibi stereoskopik geometri parametrelerinin hassas kontrolü, önemli bir zorluk olarak tanımlanmıştır (Zhao ve ark., 2020). 1D ve 2D karbon nanomateryallerinin kan plazma proteinleriyle etkileşimleri, oksijen işlevselliğinin nano-biyo etkileşimler üzerindeki etkisini anlamak için değerlendirilmiştir (Geldert ve ark., 2017).

Sonuç olarak 1D nanomateryaller olağanüstü özellikler ve çeşitli alanlarda çeşitli potansiyel uygulamalar göstermiştir. Ancak bunların toksisitesini, geometri parametrelerinin hassas kontrolünü ve biyolojik sistemlerle etkileşimlerini kapsamlı bir şekilde anlamak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

### **3. İki Boyutlu Nanomalzemeler (2D)**

İki boyutlu (2D) nanomalzemeler yüksek anizotropi ve kimyasal işlevselliğe sahip ultra ince yapıları sayesinde biyomedikal uygulamalar, ilaç dağıtımı ve gen terapisi için uygundur (Chimene ve ark., 2015). 2D nanomalzemelerin spesifik yapısı ve morfolojisi, onları sıfır boyutlu ve tek boyutlu muadillerinden ayıran farklı özelliklerine katkıda bulunur (Mei ve ark., 2019). İnce katmanlardan oluşan 2D nanomalzemeler, en az bir atomik katman kalınlığına sahiptir ve bu da onları nanoteknoloji ve malzeme biliminde kapsamlı bir araştırma konusu haline getirmektedir (Rafiei-Sarmazdeh ve ark., 2020).

2D nanomalzemelerin potansiyel uygulamaları, nanoteknoloji ve malzeme bilimindeki artan ilgileri ve genişletilmiş uygulamaları

nedeniyle enerji depolama, çevre bilimi ve doku mühendisliği gibi çeşitli alanlara uzanmaktadır (Wan ve ark., 2021). Ayrıca 2D amorf nanomalzemelerdeki amorf doğa ve 2D yapıların kombinasyonu, yüksek performanslı amorf malzemelerin incelenmesi için yeni yollara ilham vermiştir (Ge ve ark., 2021). Ek olarak 2D nanomalzemeler, mükemmel optik ve kimyasal özellikleri nedeniyle Förster rezonans enerji transferi tabanlı algılama uygulamalarında giderek popülerlik kazanmaktadır (Zhou ve ark., 2020).

2D nanomalzemelerin malzeme inovasyonu ve özellik gelişimindeki rolü giderek daha fazla kabul görmekte ve onları çeşitli alanlarda kilit oyuncular olarak konumlandırmaktadır (Wang ve ark., 2019). Egzotik fiziksel ve mekanik özellikleri, elektronik, optoelektronik, elektrokimyasal ve biyomedikal cihazlardaki uygulamalarını mümkün kılmıştır (Wang & Wang, 2014). Dahası 2D nanomalzemelerin diğer boyutlu nanomalzemelere kıyasla daha büyük yüzey alanı/hacim oranı, onları elektrokimyasal biyosensörler ve kapasitörler için umut verici adaylar haline getirmektedir (Raja ve ark., 2021; Huang ve ark., 2020).

2D nanomalzemelerin benzersiz yapısı, ultra ince yapıları, yüksek spesifik yüzey alanları ve benzersiz optoelektronik özellikleri nedeniyle fototermal terapi gibi uygulamalar için de yeni fototermal ajanlar olarak keşfedilmelerine yol açmıştır (Liu ve ark., 2020). Geçtiğimiz on yıl, özellikle 2004 yılında grafenin grafitten ayrılmasından sonra, ultra ince 2D nanomalzemeler üzerine yapılan araştırmalarda kayda değer bir ilerlemeye tanık olmuş ve yoğun madde fiziği, malzeme bilimi ve kimyada önemli ilerlemelere yol açmıştır (Zhang, 2015).

Sonuç olarak, 2D nanomalzemelerin olağanüstü özellikler sergilemesi ve çeşitli alanlarda farklı potansiyel uygulamalara sahip olması, onları kapsamlı bir araştırma ve keşif konusu haline getirmektedir.

#### **4. Üç Boyutlu Nanomalzemeler (3D)**

Üç boyutlu (3D) nanomalzemeler, benzersiz özellikleri ve biyoalgılama, enerji depolama ve kataliz gibi çeşitli alanlardaki potansiyel uygulamaları nedeniyle büyük ilgi görmüştür (Liu ve ark., 2011; Yun ve ark., 2017; Garg ve ark., 2021). Nanomalzemelerin sıfır boyutlu (0D), tek boyutlu (1D), iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) olmak üzere boyutluluğa göre sınıflandırılması, nanomalzemelerin anlaşılması ve sınıflandırılması için bir çerçeve sağlamıştır (Park ve ark., 2014; Rafiei-Sarmazdeh ve ark., 2020; Garg ve ark., 2021). Geçiş-metal dikalkojenitler (TMD'ler) gibi nanomalzemelerden 3D mimarilerin inşasının, geniş spesifik yüzey alanları ve kısa iyon taşıma mesafeleri gibi avantajlar sunduğu ve elektrokimyasal enerji depolama ve dönüştürme için etkili olduğu gösterilmiştir (Yun ve ark., 2017). Ayrıca, özel morfolojilere sahip 3D üstyapı nanomalzemelerinin sentezi optik, kataliz ve enerji depolama alanlarında büyük ilgi görmüştür (Gao ve ark., 2023).

Nanomalzemelerin 3D iletken bir matris içinde kapsüllenmesi, agregasyonu önlemek ve yüksek enerjili lityum-iyon piller de dahil olmak üzere çeşitli uygulamaların performansını artırmak için gerekli bir strateji olarak tanımlanmıştır (Gao ve ark., 2019). 3D nanomalzemelerin geliştirilmesi, optik, kataliz ve mekanik alanlarındaki uygulamalar için nanoparçacıkların düzenlenmesinde çok yönlü yetenekler sağlayan DNA tabanlı birleştirme yöntemlerindeki ilerlemelerle de bağlantılıdır (Majewski ve ark., 2021). Ek olarak, üç boyutlu CdTe QDs-DNA nanoretikülasyonu gibi yeni 3D nanoretikülasyon yapılarının montajı, elektrokemilüminesan yayıcılar için kararlılık ve verimlilikte önemli gelişmeler göstermiştir (Sun ve ark., 2019).

3D hiyerarşik gözenekli nano yapıların sentezi, kontrollü morfolojileri ve boyutları nedeniyle gaz sensörleri ve fotokataliz dahil olmak üzere bir dizi uygulama için büyük ilgi görmüştür (Liu ve ark., 2011). Buna ek olarak, katman katman (LbL) montaj tekniği, adreslenebilir elektriksel ve elektrokimyasal özellikler için iletken polimerler ve karbon nanomalzemeleri birleştirerek 3D çok bileşenli

karbon bazlı ağ nano mimarilerinin oluşturulmasını sağlamıştır (Marmisollé & Azzaroni, 2016). Doğal kaynaklardan elde edilen 3D gözenekli karbon yapıların kullanımı, nanomalzemelerin immobilize edilmesinde ve agregasyonlarının önlenmesinde umut vaat ettiğini göstermiş ve potansiyel uygulamalarını daha da geliştirmiştir (Qian ve ark., 2019).

## **SONUÇ**

Sonuç olarak, 3D nanomalzemelerin sentezi ve uygulaması, çeşitli bilimsel ve teknolojik alanlarda yenilik ve ilerleme için çeşitli fırsatlar sunan önemli bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmıştır.

Özetle, nanomalzemelerin sınıflandırılması nanomateryal yapının ayrımını yapmak, toksisiteyi değerlendirmek, özelliklerini anlamak ve artırmak, güvenliği ve riskleri değerlendirmek, referans materyaller oluşturmak için önemlidir. Diğer yandan bu yapıların sınıflandırılması, nanomalzemelerin etkili bir şekilde kategorize etmek için boyut, yapı, bileşim ve sentez yöntemlerini dikkate alan çok boyutlu bir süreci kapsamaktadır.

## **KAYNAKÇA**

- Ariga, K. (2023). Chemistry of materials nanoarchitectonics for two-dimensional films: langmuir–blodgett, layer-by-layer assembly, and newcomers. *Chemistry of Materials*, 35(14), 5233-5254. <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.3c01291>
- Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., & Rizzolio, F. (2019). The history of nanoscience and nanotechnology: from chemical–physical applications to nanomedicine. *Molecules*, 25(1), 112. <https://doi.org/10.3390/molecules25010112>
- Cai, S., Lian, C., Duan, H., Xiao, W., Han, Q., Qi, C., ... & Yang, R. (2019). Facile strategy to prepare rh nanosheet-supported pth nanoparticles with synergistically enhanced catalysis in oxidation. *Chemistry of Materials*, 31(3), 808-818. <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.8b03889>
- Chattopadhyay, S., Chen, L., & Chen, K. (2011). Energy production and conversion applications of one-dimensional semiconductor nanostructures. *NPG Asia Materials*, 3(8), 74-81. <https://doi.org/10.1038/asiamat.2010.199>
- Chimene, D., Alge, D., & Gaharwar, A. (2015). Two-dimensional nanomaterials for biomedical applications: emerging trends and future prospects. *Advanced Materials*, 27(45), 7261-7284. <https://doi.org/10.1002/adma.201502422>
- Choi, H. and Mody, C. (2009). The long history of molecular electronics. *Social Studies of Science*, 39(1), 11-50. <https://doi.org/10.1177/0306312708097288>
- Devan, R., Patil, R., Lin, J., & Ma, Y. (2012). One-dimensional metal-oxide nanostructures: recent developments in synthesis, characterization, and applications. *Advanced Functional Materials*, 22(16), 3326-3370. <https://doi.org/10.1002/adfm.201201008>
- Ezema, I., Ogbobe, P., & Omah, A. (2014). Initiatives and strategies for development of nanotechnology in nations: a lesson for africa and other least developed countries. *Nanoscale Research Letters*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/1556-276x-9-133>

- Fang, Y., Yu, X., & Lou, X. (2019). Nanostructured electrode materials for advanced sodium-ion batteries. *Matter*, 1(1), 90-114. <https://doi.org/10.1016/j.matt.2019.05.007>
- Gao, H., Yang, F., Zheng, Y., Zhang, Q., Hao, J., Zhang, S., ... & Guo, Z. (2019). Three-dimensional porous cobalt phosphide nanocubes encapsulated in a graphene aerogel as an advanced anode with high coulombic efficiency for high-energy lithium-ion batteries. *Acs Applied Materials & Interfaces*, 11(5), 5373-5379. <https://doi.org/10.1021/acsami.8b19613>
- Gao, Y., Qiu, Z., Lu, Y., Zhou, H., Zhu, R., Liu, Z., ... & Pang, H. (2023). Rational design and general synthesis of high-entropy metallic ammonium phosphate superstructures assembled by nanosheets. *Inorganic Chemistry*, 62(8), 3669-3678. <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.3c00038>
- Garg, M., Gupta, A., Sharma, A., & Singh, S. (2021). Advancements in 2d materials based biosensors for oxidative stress biomarkers. *Acs Applied Bio Materials*, 4(8), 5944-5960. <https://doi.org/10.1021/acsabm.1c00625>
- Ge, T., Wei, Z., Zheng, X., & Xu, Q. (2021). Co<sub>2</sub>-assisted synthesis of 2d amorphous moo<sub>3-x</sub> nanosheets: from top-down to bottom-up. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 12(5), 1554-1559. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcllett.1c00012>
- Geldert, A., Liu, Y., Loh, K., & Lim, C. (2017). Nano-bio interactions between carbon nanomaterials and blood plasma proteins: why oxygen functionality matters. *NPG Asia Materials*, 9(8), e422-e422. <https://doi.org/10.1038/am.2017.129>
- Guan, A., Yang, C., Quan, Y., Shen, H., Cao, N., Li, T., ... & Zheng, G. (2019). One-dimensional nanomaterial electrocatalysts for co<sub>2</sub>fixation. *Chemistry - An Asian Journal*, 14(22), 3969-3980. <https://doi.org/10.1002/asia.201900819>
- Guston, D. (2013). Understanding 'anticipatory governance'. *Social Studies of Science*, 44(2), 218-242. <https://doi.org/10.1177/0306312713508669>
- Hahm, J. (2016). Fundamental properties of one-dimensional zinc oxide nanomaterials and implementations in various detection



- modes of enhanced biosensing. *Annual Review of Physical Chemistry*, 67(1), 691-717. <https://doi.org/10.1146/annurev-physchem-031215-010949>
- Hou, D., Zhang, J., Li, Q., Zhang, P., Chen, C., Yan, D., ... & Mai, Y. (2018). Mesoporous mo<sub>2</sub>c/carbon hybrid nanotubes synthesized by a dual-template self-assembly approach for an efficient hydrogen production electrocatalyst. *Langmuir*, 34(37), 10924-10931. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.8b02530>
- Hasmin, N., Matmin, J., & Basir, S. A. (2022). National nanotechnology policies in malaysia, european union and united states: a comparative analysis. *Quantum Journal of Social Sciences and Humanities*, 3(3), 72-92. <https://doi.org/10.55197/qjssh.v3i3.148>
- Huang, T., Jiang, Y., Shen, G., & Chen, D. (2020). Recent advances of two-dimensional nanomaterials for electrochemical capacitors. *Chemoschem*, 13(6), 1093-1113. <https://doi.org/10.1002/cssc.201903260>
- Huang, X., Huang, Z., Liu, Q., Zhou, A., Ma, Y., Wang, J., ... & Bai, H. (2019). Organic solvent-assisted lyophilization: a universal method of preparing two-dimensional material nanoscrolls. *Acs Omega*, 4(4), 7420-7427. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b00623>
- Jia, Y., Qin, L., Gong, Y., Chen, R., Yang, Y., Yang, W., ... & Cai, K. (2020). Experimental and theoretical investigations of the influences of one-dimensional hydroxyapatite nanostructures on cytocompatibility. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 109(5), 804-813. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.37068>
- Jiang, C. and Song, J. (2014). Significant photoelectric property change caused by additional nano-confinement: a study of half-dimensional nanomaterials. *Small*, 10(24), 5042-5046. <https://doi.org/10.1002/sml.201400704>
- Jin, W. and Hu, L. (2019). Review on quasi one-dimensional cdse nanomaterials: synthesis and application in photodetectors. *Nanomaterials*, 9(10), 1359. <https://doi.org/10.3390/nano9101359>

- Kalimuldina, G., Nurpeissova, A., Adylkhanova, A., Adair, D., Taniguchi, I., & Bakenov, Z. (2020). Morphology and dimension variations of copper sulfide for high-performance electrode in rechargeable batteries: a review. *Acs Applied Energy Materials*, 3(12), 11480-11499. <https://doi.org/10.1021/acsaem.0c01686>
- Kay, L. and Shapira, P. (2008). Developing nanotechnology in latin america. *Journal of Nanoparticle Research*, 11(2), 259-278. <https://doi.org/10.1007/s11051-008-9503-z>
- Kedruk, Y., Gritsenko, L., & Tolubayeva, D. (2022). Influence of plasma and heat treatments on the properties of zno nanorods. *Physical Sciences and Technology*, 9(2). <https://doi.org/10.26577/phst.2022.v9.i2.02>
- Li, G., Jiang, L., & Peng, H. (2007). One-dimensional polyaniline nanostructures with controllable surfaces and diameters using vanadic acid as the oxidant. *Macromolecules*, 40(22), 7890-7894. <https://doi.org/10.1021/ma070650o>
- Li, L., Liang, L., Wu, H., & Zhu, X. (2016). One-dimensional perovskite manganite oxide nanostructures: recent developments in synthesis, characterization, transport properties, and applications. *Nanoscale Research Letters*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s11671-016-1320-1>
- Li, B., Setyawati, M., Zou, H., Dong, J., Luo, H., Li, N., ... & Leong, D. (2017). Emerging 0d transition-metal dichalcogenides for sensors, biomedicine, and clean energy. *Small*, 13(31). <https://doi.org/10.1002/sml.201700527>
- Liu, X., Zhang, J., Wang, L., Yang, T., Guo, X., Wu, S., ... & Wang, S. (2011). 3d hierarchically porous zno structures and their functionalization by aunanoparticles for gas sensors. *Journal of Materials Chemistry*, 21(2), 349-356. <https://doi.org/10.1039/c0jm01800g>
- Liu, S., Pan, X., & Liu, H. (2020). Two-dimensional nanomaterials for photothermal therapy. *Angewandte Chemie*, 59(15), 5890-5900. <https://doi.org/10.1002/anie.201911477>

- Liu, Z., Ci, L., Srot, V., Jin-Phillipp, N., Aken, P., Rühle, M., ... & Yang, J. (2008). Crystalline silicon carbide nanocones and heterostructures induced by released iron nanoparticles. *Applied Physics Letters*, 93(23). <https://doi.org/10.1063/1.3043580>
- Ma, C. and Wang, Z. (2005). Road map for the controlled synthesis of cdse nanowires, nanobelts, and nanosaws—a step towards nanomanufacturing. *Advanced Materials*, 17(21), 2635-2639. <https://doi.org/10.1002/adma.200500805>
- Majewski, P., Michelson, A., Cordeiro, M., Tian, C., Ma, C., Kisslinger, K., ... & Gang, O. (2021). Resilient three-dimensional ordered architectures assembled from nanoparticles by dna. *Science Advances*, 7(12). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abf0617>
- Marmisollé, W. and Azzaroni, O. (2016). Recent developments in the layer-by-layer assembly of polyaniline and carbon nanomaterials for energy storage and sensing applications. from synthetic aspects to structural and functional characterization. *Nanoscale*, 8(19), 9890-9918. <https://doi.org/10.1039/c5nr08326e>
- Mei, X., Hu, T., Wang, Y., Weng, X., Liang, R., & Wei, M. (2019). Recent advancements in two-dimensional nanomaterials for drug delivery. *Wiley Interdisciplinary Reviews Nanomedicine and Nanobiotechnology*, 12(2). <https://doi.org/10.1002/wnan.1596>
- Mino, L., Agostini, G., Borfecchia, E., Gianolio, D., Piovano, A., Gallo, E., ... & Lamberti, C. (2013). Low-dimensional systems investigated by x-ray absorption spectroscopy: a selection of 2d, 1d and 0d cases. *Journal of Physics D Applied Physics*, 46(42), 423001. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/46/42/423001>
- Su, C., See, D., & Huang, J. (2022). Lipid-based nanocarriers in renal rna therapy. *Biomedicines*, 10(2), 283. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10020283>
- Sun, C., Yu, H., Xu, L., Ma, Q., & Qian, Y. (2010). Recent development of the synthesis and engineering applications of one-dimensional boron nitride nanomaterials. *Journal of*

- Nanomaterials, 2010, 1-16.  
<https://doi.org/10.1155/2010/163561>
- Sun, M., Liu, J., Chai, Y., Zhang, J., Tang, Y., & Yuan, R. (2019). Three-dimensional cadmium telluride quantum dots–dna nanoreticulation as a highly efficient electrochemiluminescent emitter for ultrasensitive detection of microrna from cancer cells. *Analytical Chemistry*, 91(12), 7765-7773.  
<https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b01185>
- Park, J., Cho, D., Moon, Y., Shin, H., Ahn, S., Kwak, S., ... & Ahn, J. (2014). Designed three-dimensional freestanding single-crystal carbon architectures. *Acs Nano*, 8(11), 11657-11665.  
<https://doi.org/10.1021/nn504956h>
- Rafiei-Sarmazdeh, Z., Zahedi-Dizaji, S., & Kang, A. (2020). Two-dimensional nanomaterials..  
<https://doi.org/10.5772/intechopen.85263>
- Raja, I., Vedhanayagam, M., Preeth, D., Kim, C., Lee, J., & Han, D. (2021). Development of two-dimensional nanomaterials based electrochemical biosensors on enhancing the analysis of food toxicants. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(6), 3277. <https://doi.org/10.3390/ijms22063277>
- Razzaq, A. and In, S. (2019). Tio2 based nanostructures for photocatalytic co2 conversion to valuable chemicals. *Micromachines*, 10(5), 326.  
<https://doi.org/10.3390/mi10050326>
- Roco, M. (2011). The long view of nanotechnology development: the national nanotechnology initiative at 10 years., 1-28.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-007-1168-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1168-6_1)
- Tang, C., Jiang, C., Bi, S., & Song, J. (2016). Photoelectric property modulation by nanoconfinement in the longitude direction of short semiconducting nanorods. *Acs Applied Materials & Interfaces*, 8(17), 11001-11007.  
<https://doi.org/10.1021/acsami.6b02497>
- Thoreau, F. and Delvenne, P. (2012). Have sts fallen into a political void? depoliticisation and engagement in the case of

- nanotechnologies. *Política & Sociedade*, 11(20).  
<https://doi.org/10.5007/2175-7984.2012v11n20p205>
- Qian, C., Han, K., Weng, W., Zhang, Y., Ma, W., Song, Y., ... & Wang, L. (2019). Electrochemical glucose sensor based on microporous carbon/cuo@carbon/aunps integrated electrode. *Chemistryselect*, 4(19), 5633-5640.  
<https://doi.org/10.1002/slct.201900245>
- Qiu, X., Lou, Y., Samia, A., Devadoss, A., Burgess, J., Dayal, S., ... & Burda, C. (2005). Pbte nanorods by sonoelectrochemistry. *Angewandte Chemie*, 44(36), 5855-5857.  
<https://doi.org/10.1002/anie.200501282>
- Yang, C., Zhu, Y., Chen, G., Wang, L., Xu, L., Li, D., ... & Yan, X. (2021). Crystal phase-related toxicity of one-dimensional titanium dioxide nanomaterials on kidney cells. *Acs Applied Bio Materials*, 4(4), 3499-3506.  
<https://doi.org/10.1021/acsabm.1c00036>
- Yawson, R. (2011). Historical antecedents as precedents for nanotechnology vocational education training and workforce development. *Human Resource Development Review*, 10(4), 417-430. <https://doi.org/10.1177/1534484311413072>
- Yin, J., Li, J., Yang, H., Yu, J., Tai, G., Li, X., ... & Guo, W. (2016). Boron nitride nanostructures: fabrication, functionalization and applications. *Small*, 12(22), 2942-2968.  
<https://doi.org/10.1002/sml.201600053>
- Yun, Q., Lu, Q., Zhang, X., Tan, C., & Zhang, H. (2017). Three-dimensional architectures constructed from transition-metal dichalcogenide nanomaterials for electrochemical energy storage and conversion. *Angewandte Chemie*, 57(3), 626-646.  
<https://doi.org/10.1002/anie.201706426>
- Xia, Y., Yang, P., Sun, Y., Wu, Y., Mayers, B., Gates, B., ... & Yan, H. (2003). One-dimensional nanostructures: synthesis, characterization, and applications. *Advanced Materials*, 15(5), 353-389. <https://doi.org/10.1002/adma.200390087>
- Wan, K., Li, Y., Wang, Y., & Wei, G. (2021). Recent advance in the fabrication of 2d and 3d metal carbides-based nanomaterials for

- energy and environmental applications. *Nanomaterials*, 11(1), 246. <https://doi.org/10.3390/nano11010246>
- Wang, F. and Wang, X. (2014). Mechanisms in the solution growth of free-standing two-dimensional inorganic nanomaterials. *Nanoscale*, 6(12), 6398. <https://doi.org/10.1039/c4nr00973h>
- Wang, Y., Shi, Y., Zhang, Z., Carlos, C., Zhang, C., Bhawnani, K., ... & Wang, X. (2019). Bioinspired synthesis of quasi-two-dimensional monocrystalline oxides. *Chemistry of Materials*, 31(21), 9040-9048. <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.9b03307>
- Wang, H., Liu, S., Liu, X., Shi, Z., Fang, X., & He, J. (2020). Low-dimensional metal halide perovskite photodetectors. *Advanced Materials*, 33(7). <https://doi.org/10.1002/adma.202003309>
- Wang, C., Guo, Y., Wang, Z., & Zhang, X. (2010). Superamphiphiles based on charge transfer complex: controllable hierarchical self-assembly of nanoribbons. *Langmuir*, 26(18), 14509-14511. <https://doi.org/10.1021/la102586b>
- Zhang, H. (2015). Ultrathin two-dimensional nanomaterials. *ACS Nano*, 9(10), 9451-9469. <https://doi.org/10.1021/acsnano.5b05040>
- Zhang, Y., Huang, B., Shao, Q., Feng, Y., Xiong, L., Peng, Y., ... & Huang, X. (2019). Defect engineering of palladium–tin nanowires enables efficient electrocatalysts for fuel cell reactions. *Nano Letters*, 19(10), 6894-6903. <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.9b02137>
- Zhao, Q., Zhao, M., Qiu, J., Lai, W., Pang, H., & Huang, W. (2017). One dimensional silver-based nanomaterials: preparations and electrochemical applications. *Small*, 13(38). <https://doi.org/10.1002/sml.201701091>
- Zhao, T., Zhang, X., Lin, R., Chen, L., Sun, C., Chen, Q., ... & Zhao, D. (2020). Surface-confined winding assembly of mesoporous nanorods. *Journal of the American Chemical Society*, 142(48), 20359-20367. <https://doi.org/10.1021/jacs.0c08277>
- Zhou, J., Chen, J., Ge, Y., & Shao, Y. (2020). Two-dimensional nanomaterials for Förster resonance energy transfer–based

sensing applications. *Nanophotonics*, 9(7), 1855-1875.  
<https://doi.org/10.1515/nanoph-2020-0065>

## **BÖLÜM 4**

### **DERİN ÖĞRENME ALGORİTMASI VE ELEKTRONİK DEVRE ELEMANLARININ TESPİTİ**

Furkan TANALI<sup>1</sup>

Prof. Dr. Yunus AKALTUN<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10892663>

---

<sup>1</sup> Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği. ORCID ID 0000-0002-6381-7873

\*Sorumlu Yazar (Corresponding author):tanali.furkan@gmail.com

<sup>2</sup> Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği. ORCID ID 0000-0001-9534-9106





## 1. GİRİŞ

Yapay zekanın alt dalı olan derin öğrenme yöntemlerinin kullanımı son zamanlarda oldukça sıklaşmıştır ve neredeyse her alanda kullanılmaktadır. Derin öğrenme, elindeki bir veri seti ile sonuçları tahmin edebilir ve bir çok katmandan oluşur. Derin Öğrenme bir veya birden fazla katman içerir. Derin öğrenme, yapay sinir ağları ve benzer makine öğrenme algoritmalarını kapsamaktadır. En az bir adet yapay sinir ağının kullanıldığı ve birçok algoritma ile, bilgisayardaki verilerden yeni veriler elde etmesidir (Özel ve ark, 2021). Derin öğrenme aslında insan beynine benzeyen bir sistemdir (McCulloch WS. ve Pitts W., 1943 ; Daş ve Gürkan, 2019). Derin öğrenme yaklaşımı, tanınacak her bir nesne sınıfı için hangi özelliklerin ayırt edici olduğunu keşfetmek için çok sayıda gerçek etiketli verilerden yararlanır ve birleşik bir özellik çıkarma ve sınıflandırıcı oluşturur. Bu şekilde elde edilen model, sadece eğitildiği belirli nesnelere sınıflandırmak için değil, aynı zamanda onlara benzer daha önce görülmemiş nesnelere tanımlamak için de kullanıma sunulmaktadır (G. Amato ve ark.,2016; Çeçen,2023)

Yapay zekanın ve derin öğrenmenin kullanıldığı bir yöntemde nesne algılama yöntemidir. Endüstriyel ve elektronik alanda nesne tanıma yöntemleri son zamanlarda hızlı bir şekilde kullanılmaya başlandı ve bu alanda önemli başarılar elde edilmiştir. Derin öğrenmeye dayalı olan nesne tanıma yöntemleri şu an birçok alanda kullanılmaktadır.

Derin Öğrenme alanında kullanılan birçok algoritma vardır. Bu algoritmalarından biride Yolo algoritmasıdır. Yolo algoritmasını diğer algoritmalarından ayıran en önemli husus daha net ve doğru sonuçlar vermesidir. Bunun en büyük sebeplerinden biri Yolo'nun yüksek işleme hızına sahip olmasıdır. Yolo algoritmasını diğer algoritmalarından ayıran bir diğer önemli özellik ise gerçek zamanlı nesne algılamada elde ettiği başarıdır (Kılıç,2020). Bu nedenle, bu çalışmada YOLO algoritması tercih edilip, algoritmanın Yolov3 versiyonu kullanılmıştır. YoloV3 algoritması kullanılarak elektronik devre elemanlarının

(direnç, kondansatör, diyot ve entegre) tespiti yapılacaktır. Bunun için büyük bir veri seti oluşturulmuş ve Yolo V3 algoritmasında eğitim yapılmış ve uygulamaya geçilmiştir.

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **2.1 Algoritma**

Bu çalışmada, literatürde başarımları ve hızıyla öne çıkan derin öğrenme algoritması olan YOLO algoritmasının 3. versiyonu referans alınmıştır.

#### **2.1.1 Yolo V3**

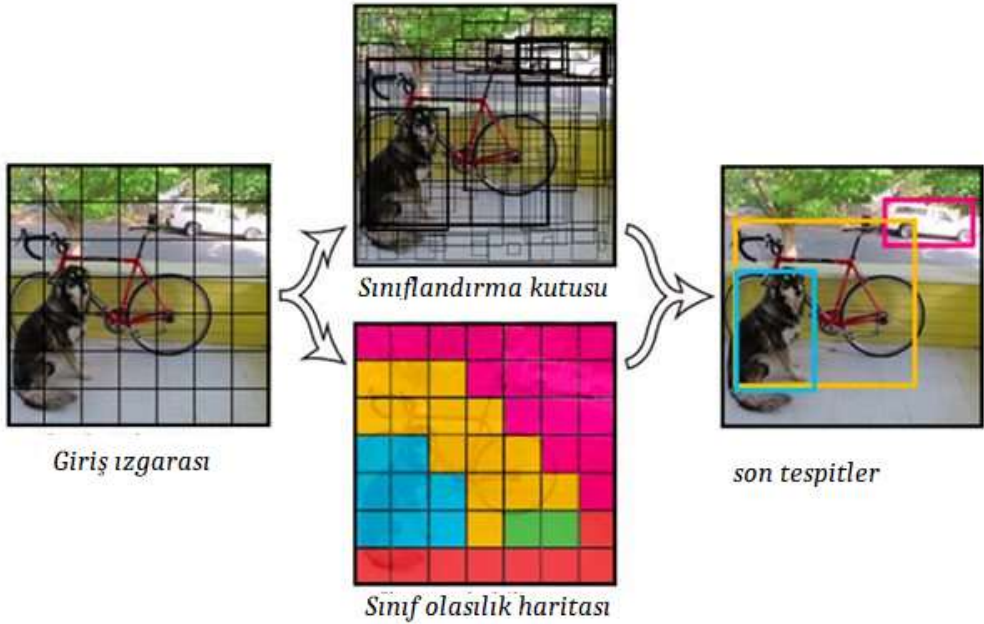
Yolo V3, Redmon ve arkadaşları tarafından konvolüsyonel sinir ağları kullanarak geliştirilmiş bir nesne tespit ve tanımlama algoritmasıdır (Redmon ve Farhadi, 2018). Yolo V3 tüm görüntüyü algoritmadan sadece bir kez geçirmesi nedeniyle diğer algoritmalara kıyasla daha hızlı ve daha yüksek doğruluk oranıyla bir şekilde görüntüde nesnenin sınıfını ve konumunu tespit eden bir algoritmadır (Aktaş,2020;Yasak,2021). Bu algoritma, ileri yayılma ile imgedeki nesnelere kutu şeklinde tespit etmektedir (Nasrullah ve Diker,2021) Yolo v3'de ImageNet üzerinde 53 katman daha eklenerek toplam 106 katmanla eğitilen Darknet-53 adlı mimari ile önceki yolo sürümlerinde olan küçük nesnelere tanımlama sorunu giderilmiştir (Aktaş,2020;Yasak,2021).

##### **2.1.1.1 Yolo V3 Algoritmasının Yapısı**

Yolo v3 ağında görüntü  $N \times N$  şeklinde ızgaralara ayrılır. Bu ağda ilk olarak 82. katmanda büyük boyuttaki nesnelere tespit, 94. katmanda orta boyuttaki nesnelere tespit ve son aşamada ise 106. katmanda küçük boyuttaki nesnelere tespit gerçekleştirilir. Bu tespit işleminde nesnelere etrafına sınır çerçeveleri çizilir ve bu çizilen sınır çerçeveleri ızgaraların eşik değerine bağlıdır. Önce hesaplanan olasılık oranlarının eşik değerini aşar. Ardından ızgaralar içerisinde merkez koordinat değerleri ile genişlik ve yükseklik değerlerine bağlı olarak sınır çerçeveleri çizilir. Böylece nesnelere etrafına sınır çerçeveleri ile

birlikte çıkış katmanında, nesne tespiti gerçekleştirilmiş görüntü elde edilir (Aktaş,2020;Yasak,2021 ; Kılıç, 2020)

Yolo modeli çalışma prensibi (Redmon vd., 2016)



## 2.2 Faaliyetler

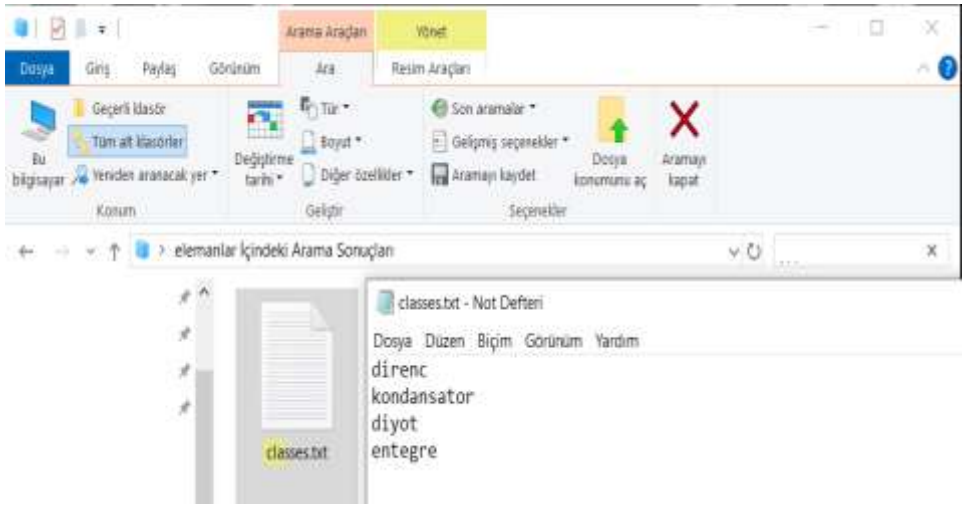
Bir pcb devresinde, üretim yapan fabrikada ve elektronik devre elemanları kalabalığında elektronik devre elemanları operatörler tarafından tespit edilirken karıştırma, gözden kaçırma ve yanılma ihtimali çok yüksektir. Olası bir patlamış devre elemanını ya da yarısı veya ufacık bir kısmı kırılmış bir devre elemanını operatörlerin büyük karmaşık eleman kalabalığında fark etmesi iyice zorlaşmaktadır. Bu çalışmada Yolo algoritması kullanılarak devre elemanlarının tespitinin gerçekleştirilmesi planlanmış, literatür araştırması ve çalışmalar incelenmiştir.

Öncelikle büyük bir veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Direnç, kondansatör, diyot ve entegre elemanlarına ait birçok fotoğraf kamera

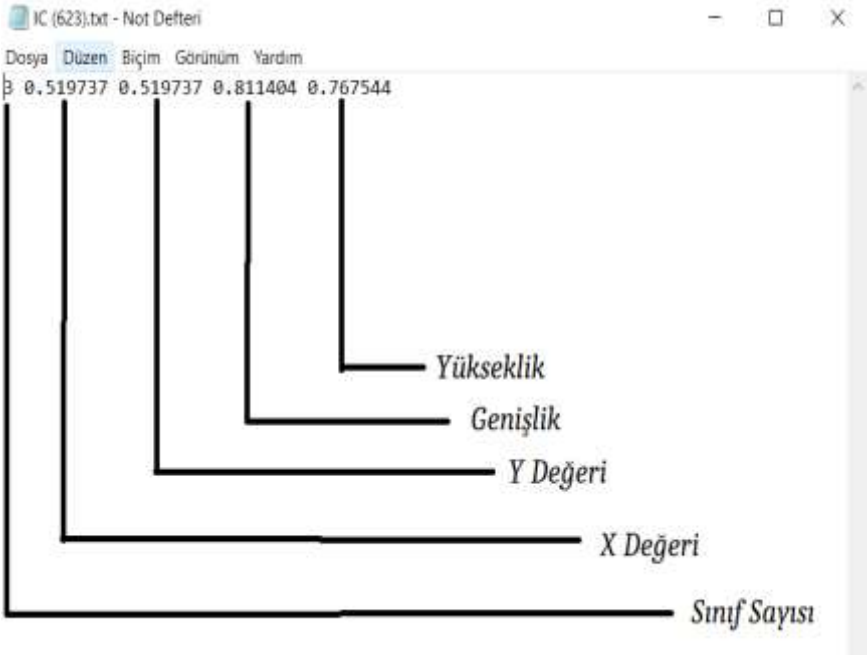
çekimiyle ve internet üzerinden alınıp jpeg formatına dönüştürülmüştür. Ayrıca doğruluğunu test etmek amacıyla birkaç görsel test veri seti oluşturulmuştur. Sonrasında bu görüntüler algoritmanın formatına dönüştürülmek üzere LabelImg programı kullanılarak etiketlenme işlemi gerçekleştirilmiştir. Etiketleme işleminin ardından her bir görüntü dosyası ile aynı adla txt uzantılı bir dosya ve sadece bir adet classes uzantılı dosya elde edilmiştir. Txt uzantılı dosya içerisinde beş sayı bloğu bulunur. Bu sayı blokları sırasıyla sınıf sayısı, çerçevelerin x ve y koordinat değeri ile bu çerçevelerin genişlik ve yükseklik değeridir. Sınıf sayısı hariç diğer sayı blokları 0 ve 1 arasındaki sayıları kapsar. Classes uzantılı dosya içerisinde ise etiketlenen devre elemanlarının isimleri yer alır (Yasak,2021 ;Kılıç ,2020).



LabelImg Programı ile Etiketlenen Örnek Bir Direnç Görüntüsü



Classes uzantılı dosya içerisinde ise etiketlenen devre elemanlarının isimleri



Etiket Dosyalarının İçeriği ve Değerleri

### 3. EĞİTİM

Veri setini hazırladıktan sonra Yolo v3 ağının eğitim işlemi için ücretsiz GPU imkanı sağlaması nedeniyle Google Colaboratory uygulamasından yararlanılmıştır. Eğitim işlemi için gerekli dosyalar ve komutlar Yolo' nun resmi github adresinden edinilmiştir.

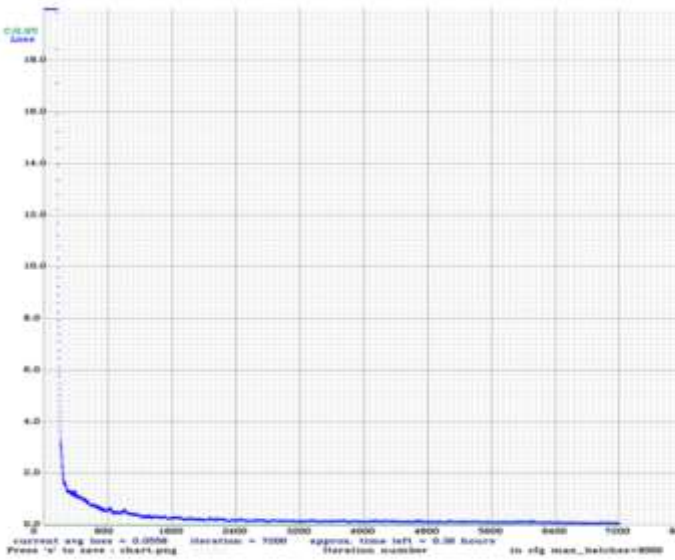
İlk olarak etiketlenmiş dosyalar bir sıkıştırılmış klasör haline getirilir ve Google Drive'da bir klasör içine koyulur. Colab ve Drive arasında bağlantı kurulduktan sonra darknet klasörü indirilmiş ve bu klasör içindeki "Makefile" dosyası içindeki bölümler düzenlenmiştir (Yasak,2021).

Diğer işlemlerde yapıldıktan sonra eğitim işlemi Google Colab uygulamasında başlatılmıştır. Eğitim devam ederken elde edilen sonuçlar arasından ortalama hata değeri oldukça düşük olduğu zaman eğitim durdurulmalıdır. Çünkü ortalama hata değerinin aşağı değerlere inmesi oldukça uzun zaman almaktadır. Eğitim sonrasında elde edilen bu ağırlık dosyasını yazmış olduğumuz program ile hem test veri setimizi hem de dilediğimiz zaman yükleyeceğimiz görselleri tespit edebiliriz.

Görüntülerin test edilmesi işlemine ait komut

```
[ ] # run your custom detector with this command (upload an image to your google drive to test, thresh flag sets accuracy that detection must be in order to show it)
./darknet detector test data/cfg/yolov3_custom.cfg /mydrive/yolov3/backup/yolov3_custom_last.weights /mydrive/images/306.jpg -thresh 0.3
:imshow('predictions.jpg')
```

Ortalama hata değeri grafiği



#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada yapay zeka ile birkaç elektronik devre elemanın tespiti yapılmıştır. Nesne tespiti yapabilmek için doğruluk ve hız açısından güvenilir bir değere sahip olan Yolo algoritması ve DarkNet modeli kullanılmıştır. Yaklaşık 2500 elektronik devre elemanı fotoğrafları Google Colaboratory ortamında eğitilmiştir. Elde edilen sonuçların doğruluğunu ve hızını arttırmak için çalışmanın bundan sonraki kısmında eğitim ve test veri setinin genişletilmesi gerçekleştirilecektir.

Derin öğrenme ağları ile çok iyi sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Oldukça fazla tercih edilmesinin sebebi açık kaynak kodlu yazılım kütüphanelerin bulunmasıdır. Derin öğrenme ağlarında yaşanan en büyük sorunlardan biri ise görsellerin eğitilme sürecinde donanımsal kaynakların yetersiz kalmasıdır.



## **KAYNAKÇA**

- Aktaş, A. (2020). Derin Öğrenme Yöntemleri İle Görüntü İşleme Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ÇEÇEN, Şeyma, Derin Öğrenme Teknikleri Kullanılarak Ratlarda Östrus Dönemlerinin Yolov5 Modeli İle Sınıflandırılması, Temmuz, 2023.
- DAŞ,Resul, POLAT, Berna, TUNA,Gürkan, Derin Öğrenme ile Resim ve Videolarda Nesnelere Tanınması ve Takibi, Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi 31(2), July 2019.
- G. Amato, F. Carrara, F. Falchi, C. Gennaro, C. Meghini, and C. Vairo, "Deep learning for decentralized parking lot occupancy detection," *Expert Syst. Appl.*, vol. 72, pp. 327–334, 2017, doi: 10.1016/j.eswa.2016.10.055.
- KILIÇ,Büşranur, Panorama İle Üretilen Plevral Efüzyon Sitopatoloji Görüntüleri Üzerinde Yolov3 İle Otomatik Çekirdek Algılama,Ocak, 2020
- Kılıç, B. (2020). Panorama İle Üretilen Plevral Efüzyon Sitopatoloji Görüntüleri Üzerinde YOLOV3 İle Otomatik Çekirdek Algılama, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri,Enstitüsü, Trabzon.
- McCulloch WS. And Pitts W., A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, *The bulletin of mathematical biophysics*, 1943, 5(4): 115–133
- NASRULLAH,Md, DİKER, Aykut, Derin Öğrenme ve YOLO Algoritmaları ile Nesne Tespiti ve Şerit Belirleme, Kasım, 2021.
- ÖZEL, Muhammet Abdullah, BAYSAL,Selim Safa, ŞAHİN,Mustafa, Derin Öğrenme Algoritması (YOLO) ile Dinamik Test Süresince Süspansiyon Parçalarında Çatlak Tespiti, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Özel Sayı 26, S*, July 2021.
- Redmon, J. ve Farhadi, A. (2018). Yolov3: An Incremental Improvement. arXiv preprint arXiv:1804.02767.

YASAK, Süleyman Sinan, Coğrafyada Yapay Zeka Uygulamaları:  
Yolo V3 İle Gerçek Zamanlı Kayaç Tespit Uygulaması  
Örneği,2021.





**ISBN: 978-625-367-686-5**