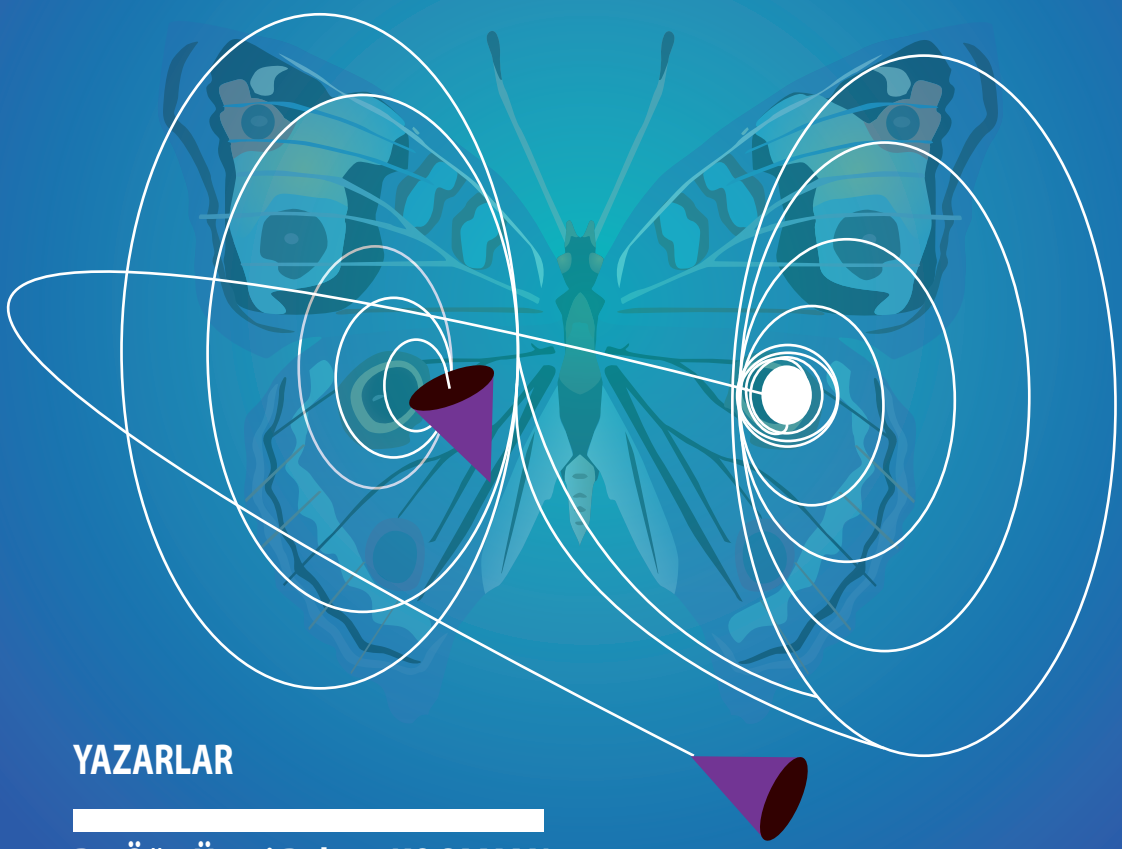
TÜRKİYE'DE MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİNDE AKADEMİK ARAŞTIRMALAR

EDİTÖR: Dr. Öğr. Üyesi Kenan ALTUN



YAZARLAR

Dr. Öğr. Üyesi Behçet KOCAMAN
Dr. Öğr. Üyesi Kenan ALTUN
Dr. Öğr. Üyesi Rozelin AYDIN
Dr. Mesut YALÇIN
Maide DEMİRBAŞ

İKSAD
Publishing House

TÜRKİYE'DE MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİNDE AKADEMİK ARAŞTIRMALAR

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Kenan ALTUN

YAZARLAR

Dr. Öğr. Üyesi Behçet KOCAMAN
Dr. Öğr. Üyesi Kenan ALTUN
Dr. Öğr. Üyesi Rozelin AYDIN
Dr. Mesut YALÇIN
Maide DEMİRBAŞ

İKSAD
Publishing House

Copyright © 2020 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)
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 – 2020©

ISBN: 978-625-7914-08-6
Cover Design: İbrahim KAYA
March / 2020
Ankara / Turkey
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRDEN

ÖNSÖZ

Dr. Öğr. Üyesi Kenan ALTUN 1

BÖLÜM 1

KAOTİK TABANLI SAYISAL HABERLEŞME SİSTEMLERİ VE BİT HATA ORANINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Kenan ALTUN 3-22

BÖLÜM 2

ELEKTRİK TESİSLERİNDE ÖNEMLİ BİR KORUMA YÖNTEMİ: TOPRAKLAMA

Dr. Öğr. Üyesi Behçet KOCAMAN 23-46

BÖLÜM 3

ELEKTROEĞİRME YÖNTEMİ VE NANOFİBER ÜRETİMİ

Dr. Mesut YALÇIN 47-72

BÖLÜM 4

GRAFEN OKSİTİN İNDİRGENME YÖNTEMLERİ

Dr. Mesut YALÇIN 73-97

BÖLÜM 5

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SUYUN GÜVENLİĞİ: ADANA ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Rozelin AYDIN
Maide DEMİRBAŞ 99-130

ÖNSÖZ

Günümüzde problem çözümüne yönelik uzmanlık alanlarında yapılan akademik çalışmalar geniş ölçüde devam etmektedir. Özellikle disiplinler arası yapılan çalışmalar güncel problemlerin çözümüne farklı bakış açısı sağlaması ve disiplinleri bir araya getirmesi nedeniyle oldukça önemlidir. Lisansüstü eğitim yapan öğrencilerin, akademisyenlerin ve araştırmacıların gelişimine ve çalışmalarına katkıda bulunmak amacıyla bu kitap hazırlanmıştır. Kitabın içeriğinde farklı mühendislik bilimlerinde çalışan bilim insanlarının araştırmaları bir arada sunulmuştur.

Kitabın bölümlerinde konular teorik veya uygulamalı esasları açıklanarak verilmiştir. Birinci bölümde Elektrik-Elektronik Mühendisliği uygulama alanlarından birisi olan güvenilir haberleşme konusu kaotik tabanlı sayısal haberleşme örneğinde incelenerek teorik ve uygulamalı araştırma sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. İkinci bölümde Elektrik Mühendisliği alanında en temel konularında topraklama, topraklama çeşitleri ve elektrik tesislerinde topraklamanın önemi açıklanmıştır. Üçüncü bölümde birçok fen ve mühendislik biliminde kullanılan elektroeğirme yöntemi ile nanofiber üretimi ve kullanım alanları incelenmiştir. Dördüncü bölümde Fizik ve Elektronik bilimlerinde uygulama alanı bulan grafen oksitin indirgenme yöntemleri ve aşamaları açıklanmıştır. Kitabın son bölümünde ise dünyanın ekolojik gelişiminden iklim değişikliğinin Adana kentinde su kaynaklarına etkisi hakkında araştırma ve anket çalışmaları yer almaktadır.

Kitabın hazırlanmasında emeği geçen herkese teşekkür eder, bu kitaptan faydalanacak araştırmacılara başarılar dilerim.

Kenan ALTUN

BÖLÜM 1:

KAOTİK TABANLI SAYISAL HABERLEŞME SİSTEMLERİ VE BİT HATA ORANINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Dr.Öğr. Üyesi Kenan ALTUN[1]

[1]Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Sivas, Türkiye. kaltun@cumhuriyet.edu.tr

GİRİŞ

Kaos tabanlı üreteçlerin ürettiği kaotik işaretler, gürültüye benzeyen ve tahmin edilememesinin yanında geniş bant spektruma sahip işaretlerdir (Chua vd., 1987). Kaotik işaretlerin deterministik olmalarına rağmen öngörülemeyen sistem davranışları ve başlangıç değerlerine olan aşırı hassasiyeti yayılı spektrum haberleşme sistemlerine olan ilgiyi artırmıştır (Cuomo vd., 1993). Kaotik sinyalin doğrudan bilgi taşıyıcı sinyal olarak kullanıldığı Direct Chaotic Communication (DCC) haberleşme sistemleri coherent ve non-coherent kaotik modülasyon teknikleri olarak sınıflandırılırlar (Chua vd., Application 1988). Sayısal tabanlı bilgi sinyallerinin taşınmasında senkronizasyon gerektirmeyen non-coherent DCC haberleşme sistemleri, CSK(Chaotic Shift Keying) (Dedieu vd., 1993), DCSK(Differantial Chaotic Shift Keying) (Vizvari vd., 1996), COOK(Chaotic on-off Keying) (Abdullah vd., 2011) ve QCSK(Quadrature Chaotic Shift Keying) (Galias vd., 2001) olarak sınıflandırılırar. Bu haberleşme sistemlerinin önemli avantajlarının yanında bit-hata oranı (BER - bit error rate) ve sinyal gürültü oranı (SNR - signal to noise ratio) performansını düşüren önemli dezavantajları bulunmaktadır.

Kaotik üreteçler kullanılarak gerçekleştirilen sayısal tabanlı güvenilir haberleşme sistemlerinde, iletilen bilgi sinyalinin geniş spektrum alanına sahip olması, kaos sinyallerinin gürültüye benzer bir karakteristik sergilemesi ve haberleşme sistemlerinin basit, kolay

kaotik devre yapılarıyla, geleneksel haberleşme sistemlerine alternatif olmuşlardır (Kennedy vd., 2000).

Kaos tabanlı taşıyıcı üreteç kullanılan geniş band haberleşme geleneksel geniş band haberleşme sistemlerine göre daha avantajlıdır. Bu haberleşme sistemlerinde kaos tabanlı osilatörlerin kullanılması, kaotik osilatörlerin karakteristiklerinin haberleşme sistemlerine aktarılmasıyla önemli avantajlar sunar (Chua vd., Theory 1988). Kaos tabanlı osilatörlerin başlangıç hassasiyeti, farklı parametre değerlerinde farklı karakteristik sergilemesi ve öngörülemeyen sistem davranışları güvenli haberleşme sistemlerinde taşıyıcı sinyaller için aranan en temel yapılar olarak bilinir (Stavroulakis , 2005).

Yayılı spektrum haberleşme sistemlerinde kaos tabanlı taşıyıcı sinyallerin kullanılmasıyla, haberleşme sinyallerinin kesişim ihtimalinin azalmasının yanı sıra, izinsiz erişeme karşı yüksek dirence sahip olması, çoklu erişim sistemleri için uygun yapıda olması yayılı spektrum haberleşme yöntemlerinin güvenli haberleşme sistemleri için popülaritesini artırmıştır (Majeed vd., 2014).

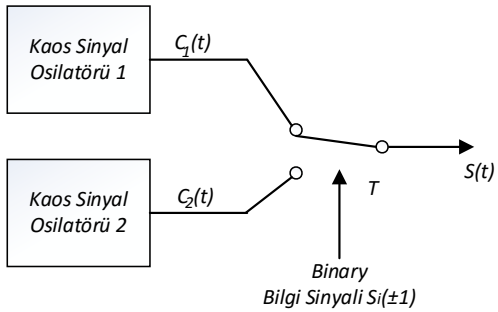
Dar bantlı haberleşme sistemlerinde bilgi sinyalinin geniş bant yapısına sahip taşıyıcı sinyallerle modülasyona tabii tutulması, haberleşme sinyallerinin band genişliğinin değiştirmezken güç spektral yoğunluğunun azalmasına neden olur (Pecora vd., 1990). Bu durum haberleşme sistemlerinde BER performanslarını etkilemez ancak bilgi sinyallerinin haberleşme kanallarında gürültü sinyallerinin arka

planında gizlenerek diğer alıcılar tarafından bilgi sinyalinin fark edilmesinin zorlaştırmaktadır (Tam vd., 2010; Kolumbán , 1997).

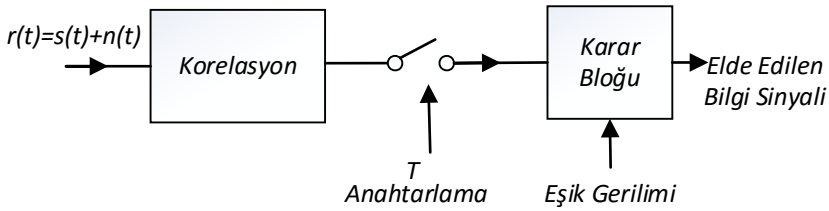
Böylelikle iletilmek istenilen bilgi sinyali kaotik sinyallerin içerisinde farklı bir karakteristik göstermeden gizlenerek iletim hattı boyunca alıcı devreye ulaşır. Sayısal tabanlı kaotik haberleşme sistemleri olan CSK, DCSK, COOK ve QCSK sistemlerini analitik olarak inceleyerek BER/SNR performanslarını karşılaştıralım.

Kaos Kaymalı Anahtarlama (Chaos Shift Keying-CSK)

CSK sayısal haberleşme sistemleri ilk olarak 1998 yılında Kolumban tarafından önerilen ve sürekli senkronizasyon gerektirmeyen bir model olarak ortaya çıkmıştır. İletilen binary bilgi sinyaline göre farklı bit enerji seviyesine sahip iki farklı kaotik üretecin anahtarlamasıyla verici devre oluşmaktadır. Şekil 1'de gösterildiği gibi devrede kullanılan kaotik üreteç farklı iki sistem olabileceği gibi aynı kaotik üretecin farklı parametre ve başlangıç değerleriyle elde edilmesiyle de gerçekleştirilebilir (Chua vd., 1987).



(a)



(b)

Şekil 1. a) CSK Verici blok şeması, b) CSK Alıcı blok şeması (Dedieu vd., 1993).

Denklem (1) ile ifade edildiği gibi CSK haberleşme sistemlerinde iletilmek istenen bilgi sinyali '+1' ise $c_1(t)$ kaotik sinyali, bilgi sinyali '-1' ise $c_2(t)$ kaotik sinyali iletim kanalına aktarılır.

$$s(t) = \begin{cases} c_1(t), & \text{'1' bilgisi iletildiğinde} \\ c_2(t), & \text{'-1' bilgisi iletildiğinde} \end{cases} \tag{1}$$

Denklem (2) ile verilen verici devre çıkışındaki sinyale iletim ortamında gürültü eklenerek alıcı devre girişine ulaşır.

$$s_{CSK}(t) = s(t) + n(t) \tag{2}$$

Alıcı devre girişindeki denklem (3) ile verilen $s_{CSK}(t)$ sinyali alıcı girişinde korelasyonu yapılarak integratöre tabi tutulur.

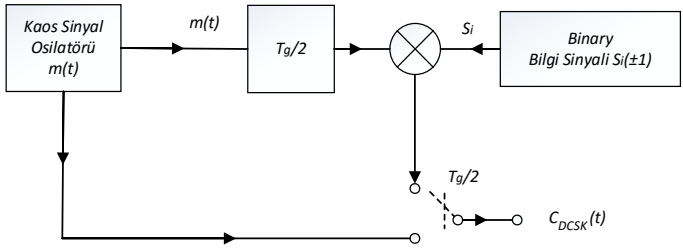
$$z_i = \int_T r^2(t)dt = \int_T [s(t) + n(t)]^2 dt \tag{3}$$

$$= \int_T s^2(t)dt + 2\int_T s(t).n(t)dt + \int_T n^2(t)dt$$

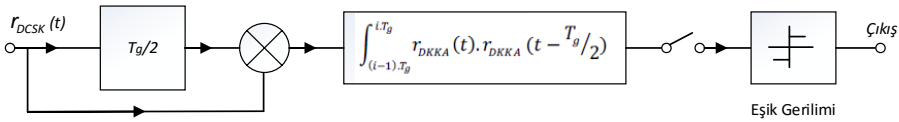
İntegratör çıkışındaki sinyal gecikme zamanı periyodunda eşik dedektörüne tabi tutularak elde dilen sinyal sıfırdan büyükse +1 olmakta değilse sıfır olmaktadır.

Diferansiyel Kaos Kaymalı Anahtarlama (Differential Chaos Shift Keying-DCSK)

Sayısal devre tabanlı kaos sinyal üreteci kullanılarak gerçekleştirilen haberleşme sistemleri gürültü bağışıklığı açısından karşılaştırıldığında DCSK en iyi performansı göstermektedir. Ayrıca sistem performansı gerek analog gerekse de sayısal bilgi transferlerinde aynı performansı göstererek kaotik sürekli senkronize yapılar arasında dikkat çekmektedir. DCSK haberleşme sistemine ait alıcı ve verici blok şemaları Şekil 2'de gösterilmektedir (Vizvari vd., 1996). Sistem analiz edildiğinde verici kısmında gösterirken bilgi sinyali Si, kaos işaret üretecinin ürettiği işaret ile iletilmektedir. İletilen işarette her bit (Si = -1,+1) farklı kaotik işaret kısımları ile iletilmektedir. İlk kısım referans işareti taşırken kinci kısım bilgi sinyalini taşımaktadır. Verici çıkışına ait sistemin eşitliği $C_{DCSK(t)}$ denklem (4) ile gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 2. a) DCSK Verici blok şeması, b) DCSK Alıcı blok şeması (Vizvari vd., 1996)

$$c_{DCSK}(t) = \begin{cases} m(t); 0 \leq t < T_g/2 \\ \pm m\left(t - T_g/2\right); T_g/2 \leq t < T_g \end{cases} \quad (4)$$

Yukarıdaki denklemde T_g ile verilen gecikme zamanını göstermektedir. DCSK yöntemi verici kısmında üretilen kaos işareti, gecikme zamanının yarısı kadar ($T_g/2$) geciktirilerek iletimden önce bilgi işareti ile korele edilmektedir. Şekil 2'de verici blok şema gösterilen $c_{DCSK}(t)$ sinyaline gürültü eklenerek iletim hattına yayınımı yapılır.

$$r_{DKKA}(t) = c_{DKKA}(t) + g(t) \quad (5)$$

Verici devrenin çıkışında elde edilen gürültü eklenmiş yapı denklem (5) ile ifade edilmektedir. Verici çıkışında ki sinyal alıcı devrede tekrar gecikme zamanının yarısı kadar kaydırılıp kendisi ile korelasyona tabi tutularak bir integratöre tabi tutulmaktadır.

$$\int_{(i-1).T_g}^{i.T_g} r_{DKKA}(t).r_{DKKA}(t - T_g/2) \quad (6)$$

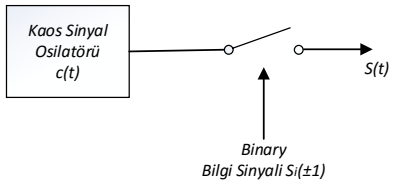
İntegratör çıkışındaki sinyal gecikme zamanı periyodunda eşik dedektörüne tabi tutularak elde dilen sinyal sıfırdan büyükse +1 olmakta, değilse sıfır olmaktadır.

Kaotik Açık-Kapalı Anahtarlama (Chaotic On-Off Keying-COOK)

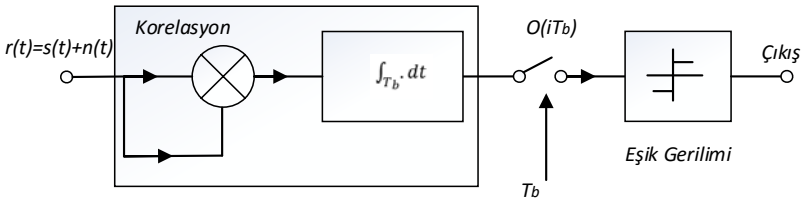
Devre yapısı olarak kolay gerçekleştirilebilir yayılı spektrum haberleşme örneklerinden olan, Açık kapalı kaotik anahtarlama (COOK) sistemi diferansiyel kaotik kaymalı anahtarlama (DCSK) sisteminin sadece bir kaotik işaretini kullanan kaos tabanlı sayısal modülasyon tekniğidir.

Şekil 3'de bir COOK haberleşme sisteminin matematiksel blok şeması verilmektedir. COOK haberleşme blok şemalarının verici devresinde iletim ortamına aktarılacak haberleşme sinyali olan Si bilgi sinyalinin anahtarlama sinyal olarak kullanılarak kaos üretecinden elde edilmektedir.

COOK verici devresinde elde edilen s(t) haberleşme sinyali, kanal boyunca eklenen gürültü ile alıcı devrenin girişine iletilir. Alıcı devredeki gürültülü haberleşme sinyali r(t), korelasyonu gerçekleştirilip önce integral alıcı devreye daha sonra elde edilen sinyal eşik gerilimine tabi tutularak iletilmek istenen bilgi sinyali elde edilmiş olur (Abdullah vd., 2011).



(a)



(b)

Şekil 3. a) COOK Verici blok şeması, b) COOK Alıcı blok şeması (Abdullah vd., 2011)

$$s(t) = \begin{cases} c(t), & \text{'1' bilgisi anahtarlandığında} \\ 0 \quad , & \text{'0' bilgisi anahtarlandığında} \end{cases} \tag{7}$$

COOK haberleşme sisteminin alıcı devresindeki sinyal, anahtarlama süresince (T_b) önce korelasyona tabi tutulup sonra da integratöre tabi tutularak eşik dedektörüne gönderilmektedir.

$$o(iT_b) = \int_{(i-1)T_b}^{iT_b} r^2(t)dt = \int_{(i-1)T_b}^{iT_b} [s(t) + n(t)]^2 dt \tag{8}$$

$$= \int_{(i-1)T_b}^{iT_b} s^2(t)\, dt + 2 \int_{(i-1)T_b}^{iT_b} s(t).n(t)\, dt + \int_{(i-1)T_b}^{iT_b} n^2(t)\, dt$$

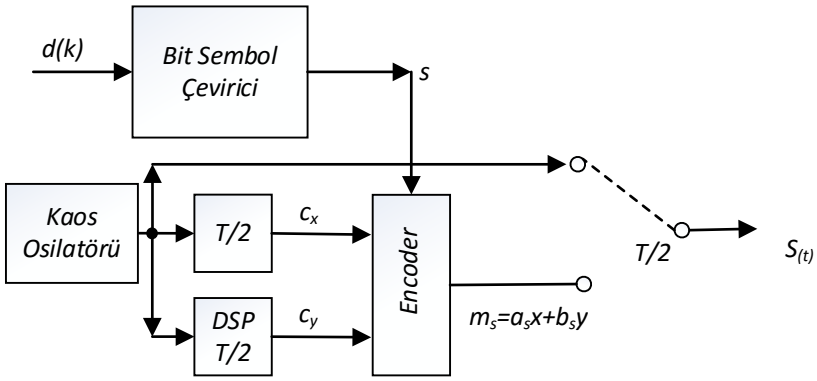
COOK haberleşme sistemine ait verici devresinin matematiksel ifadesi Denklem (7) gösterilmektedir. Alıcı devrede bu sinyale gürültü sinyali eklenerek elde edilen alıcı devre girişindeki sinyal denklem (8)'da da ifade edildiği gibi korelasyon ve integratör uygulanarak eşik dedektörüne aktarılır.

$$o(iT_b) = \begin{cases} \int_{(i-1)T_b}^{iT_b} c^2(t)dt & , \text{'1' bilgisi anahtarlandığında} \\ 0 & , \text{'0' bilgisi anahtarlandığında} \end{cases} \quad (9)$$

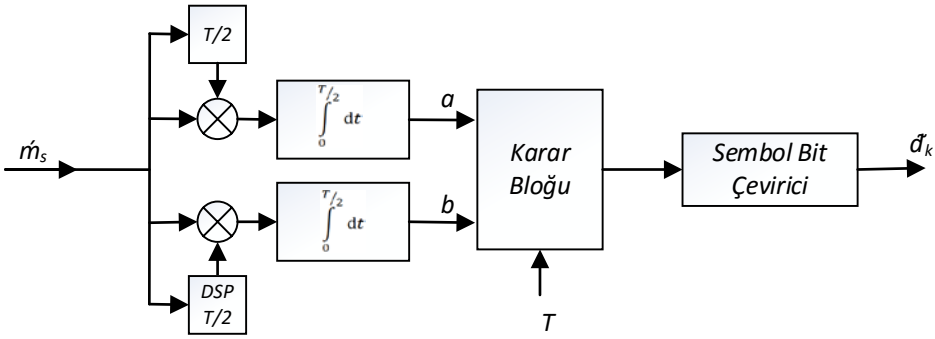
Denklem (9) ile gösterildiği gibi, integratör çıkışında elde edilen sinyal eşik dedektöründe örneklenerek işaret eşik seviyesinden büyükse çıkış +1 olmakta, değilse sıfır olmaktadır.

Dörtlü Kaotik Kaymalı Anahtarlama (Quadrature Chaotic Shift Keying-QCSK)

DCSK'de olduğu gibi QCSK sayısal haberleşme sistemlerinde her yarı periyotta s sembol biti tarafından seçilen $[0,T/2]$ kaotik sinyal c_x ve hilbert filtre tarafından üretilen c_x kaotik sinyaline ortogonal olan c_y kaotik sinyali s bitinin kombinasyonuna bağlı olarak encoder tarafından m_s (mapping symbol) sinyali üretilir. DCSK'da sembol biti bir bit iken QCSK'da iki bit olduğundan dört seviyeli bir kaotik anahtarlama gerçekleştirir. Böylece band genişliği artarken DCSK ile karşılaştırıldığında BER/SNR oranında bir değişiklik olmaz. Bit/Encoder ile üretilen m_s ve kaotik sinyal yarı periyotta anahtarlama yapılarak iletim ortamına aktarılır (Galias vd., 2001).



(a)



(b)

Şekil 4. a) QCSK Verici blok şeması, b) QCSK Alıcı blok şeması (Galias vd., 2001)

Denklem (10) ile verilen encoder tarafından üretilen m_s sinyali veya kaotik üretecin ürettiği kaos sinyali yarı periyotta anahtarlama yapılarak s(t) sinyali elde edilir. Burada verici çıkışında elde edilen sinyal denklem (11) ile verilmektedir, buna göre c(t) $[0,T/2]$ aralığında ve $m_s(t)$ $[T/2,T]$ aralığında anahtarlanır ve verici sinyali s(t) elde edilir.

$$m_s(t) = a_s x(t) + b_s y(t) \tag{10}$$

$$s(t) = \begin{cases} c(t); & 0 \leq t < {}^{T}/_{2} \\ m_s(t); & {}^{T}/_{2} \leq t < T \end{cases} \tag{11}$$

$$\acute{m}_s(t) = m_s(t) + n(t) \tag{12}$$

Denklem(12) ile gösterilen alıcı devreye iletilen $\acute{m}_s(t)$ sinyali $T/2$ peryotta kaydırılarak kendisiyle korelasyona tabi tutularak integrasyonu gerçekleştirilerek z_a ve hilbert filtreden geçirilen sinyal $\acute{m}_s(t)$ sinyali ile korelasyona ve integrayonu gerçekleştirilerek z_b sinyali elde edilir.

$$z_a = \int_0^{T/2} \acute{m}_s(t).\acute{m}_s(t - T/2) \tag{13}$$

$$z_b = \int_{T/2}^{T} \acute{m}_s(t).\acute{m}_s(T/2 - T) \tag{14}$$

Denklem (13) ve denklem (14) ile verilen bu sinyaller karar mekanizmasından geçirilerek $\hat{d}_k$ sinyali elde edilir. QCSK haberleşme sistemleri, DCSK haberleşme sistemi ile aynı BER/SNR oranına sahip olmasına rağmen karmaşık yapısı nedeniyle uygulamalarda kullanılmaz.

BULGULAR VE TARTIŞMA

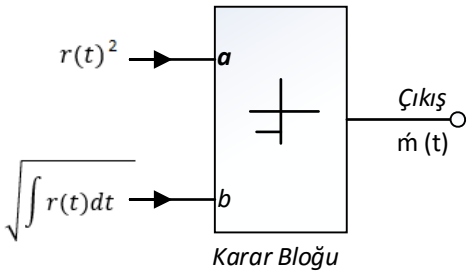
Kaos tabanlı sayısal haberleşme sistemleri incelendiğinde haberleşme sisteminin performans kriteri BER/SNR oranını etkileyen faktörler ayrıntılı olarak gözlemlenmiştir. Yapılan araştırmada birkaç hususun hata oranlarının azaltılmasında oldukça önemli olduğu ve

performansın artırılması için bu sorunların çözümüne yönelik çalışmaların daha doğru olacağı kanısına varılmıştır.

DCC haberleşme sistemlerinin alıcı devrelerde bilgi sinyalinin elde edilmesinde eşik gerilim düzeyinin iyi belirlenmesi oldukça önemlidir. Ayrıca haberleşme sisteminin gerçekleştirildiği benzetim veya donanım gerçekleştiriminde yüksek anahtarlama frekansları da performansı etkileyecektir. Haberleşme sistemlerinde kullanılan kaos sinyallerinin de ortogonal yapılarının anahtarlamalarda performansı etkilediği gözlemlenmiştir.

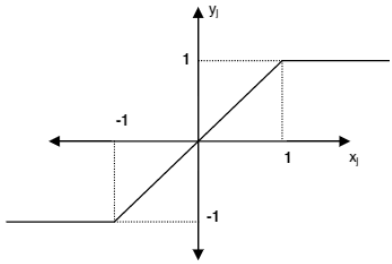
Tüm bu tespitler neticesinde yapılan araştırmamızın DCC haberleşme sistemlerinde performansın artırılmasına yönelik önerilerimiz yapılan analizler neticesinde sonuçlandırılmıştır. Bunlardan birincisi alıcı devrelerde bulunan eşik gerilimi değerlerinin sabit olmasından kaynaklanır. İletim ortamı gürültü seviyesi değiştikçe sabit eşik gerilimi düzeyi bit hata sayısını artırır. Bu çalışma ile sayısal tabanlı kaotik haberleşme sistemlerinin önemli bir dezavantajı olan sabit eşik gerilim düzeyi probleminin aşılması amaçlanmıştır.

Önerilen eşik gerilimi karar blok şeması Şekil 5 ile verilmektedir. Blok şeması verilen model diğer sayısal tabanlı haberleşme sistemleri ile karşılaştırıldığında ikinci girişinin sabit eşik gerilimi yerine anlık karşılaştırma sinyali üretmesi ile ön plana çıkmaktadır. Anlık değişen gürültüyle adapte olarak bit hata oranının azaltılması hedeflenmiş ve yapılan uygulamada hata performansının azaltıldığı gözlemlenmiştir.



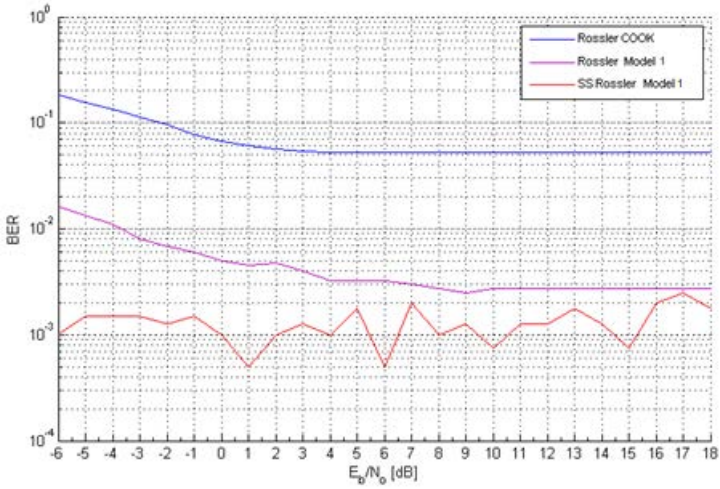
Şekil 5. Önerilen karar blok şeması

İkincisi ise verici devrelerde kullanılan kaotik üreteçlerin ortogonal yapılarından kaynaklanan ve gürültü oranına bağımlı kaotik sinyallerin birim değişim eğimleridir. Bu durumdan kaynaklanan hata performansının artırılmasına yönelik açlışmamzda Şekil 6 ile verilen çıkış fonksiyonundaki PWL nonlineer karaktersitik denklem 15 ile fonksiyona dönüştürüldüğünde anahtarlama hata performansı artırılmıştır. Yapılan çalışma ile ilgili performans grafiği Şekil 7 ile verilmektedir.



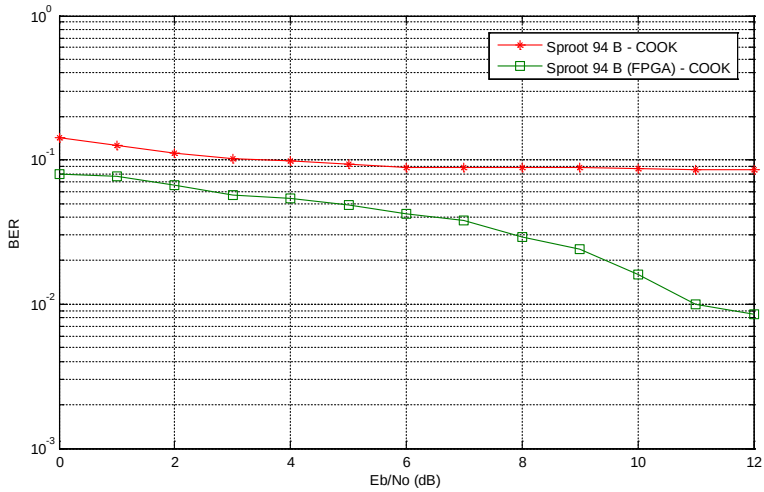
Şekil 6. Çıkış fonksiyonu grafiği

$$n = \begin{cases} +1; \ y_1 \geq 0 \\ -1; \ y_1 < 0 \end{cases} \tag{15}$$



Şekil 7. DCC haberleşme sistemi BER/SNR grafiği

Şekil 7 ile DCC haberleşme sistemlerinde önerilen uygulamaların neticesi görülmektedir. Buna göre mavi eğri ile gösterilen sabit eşik karşılaştırması kullanılan COOK haberleşme sistemi verilmektedir. Pembe eğri ile ise önerilen karar bloğu kullanıldığındaki hata performansı verilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında önerilen karar bloğunun sabit eşik gerilimi kullanılan haberleşme sistemine göre daha iyi performans sağlamaktadır. Ayrıca kaos sinyalinin ortogonal yapısının artırılması için PWL fonksiyonunda anahtarlama kullanılmasıyla da hata performansı artmıştır.



Şekil 8. DCC haberleşme

DCC haberleşme sistemlerinde hata performansını artırılması için önerilen diğer bir çalışmamızda ise yüksek çalışma frekansına sahip FPGA geliştirme kartı kullanılmıştır. Şekil 8 ile verilen COOK haberleşme sisteminde gerçekleştirilen çalışmada FPGA kullanıldığında BER/SNR performansının daha iyi olduğu görülmektedir.

SONUÇ

Kaos tabanlı sayısal haberleşme sistemlerinde hata performansının artırılması için öncelikle mevcut haberleşme sistemleri incelenmiştir. Sürekli senkronizasyon gerektirmeyen coherent kaos tabanlı haberleşme sistemleri olan CSK, COOK, DCSK ve QCSK yapılarında yapılan incelemelerden hata sayısın azaltacağını düşündüğümüz bazı önerilerimiz olmuştur. Coherent yapıya uygun anlık değişen karşılaştırma bloğu, PWL yapısının ortogonal yapısını

artıracak anahtarlama fonksiyonu ve yüksek çalışma frekansı önerilerinde bulunulmuştur. Önerilen çalışmalar neticesinde DCC haberleşme sistemlerinde hata sayıları azaltılarak BER/SNR performansı artırılmıştır.

KAYNAKLAR

Abdullah, H. N., & Valenzuela, A. A. (2011). Performance Evaluation of FM-COOK Chaotic Communication System. J. Signal and Information Processing, 2(3), 175-177.

Chua, L. O., & Yang, L. (1988). Cellular neural networks: Applications. IEEE Transactions on circuits and systems, 35(10), 1273-1290.

Chua, L. O., & Yang, L. (1988). Cellular neural networks: Theory. IEEE Transactions on circuits and systems, 35(10), 1257-1272.

Chua, L. O., Desoer, C. A., & Kuh, E. S. (1987). Linear and nonlinear circuits.

Cuomo, K. M., Oppenheim, A. V., & Strogatz, S. H. (1993). Synchronization of Lorenz-based chaotic circuits with applications to communications. IEEE Transactions on circuits and systems II: Analog and digital signal processing, 40(10), 626-633.

Dedieu, H., Kennedy, M. P., & Hasler, M. (1993). Chaos shift keying: modulation and demodulation of a chaotic carrier using self-synchronizing Chua's circuits. IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing, 40(10), 634-642.

Galias, Z., & Maggio, G. M. (2001). Quadrature chaos-shift keying: theory and performance analysis. IEEE Transactions on Circuits

and Systems I: Fundamental Theory and Applications, 48(12), 1510-1519.

Kennedy, M. P., & Kolumbán, G. (2000). Digital communications using chaos. Signal processing, 80(7), 1307-1320.

Kolumbán, G. (1997). Performance improvement of chaotic communication systems. In Proc. ECCTD'97 (pp. 284-289).

Majeed, M. (2014). Implementation of Differential Chaos Shift Keying Communication System Using Matlab-Simulink. Journal of American Science, 10(10), 240-244.

Pecora, L. M., & Carroll, T. L. (1990). Synchronization in chaotic systems. Physical review letters, 64(8), 821.

Serin, T. (2003). Kaotik Yapılarda Lyapunov Üstellerinin Tahmini. Y. Lisans Tezi Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 115.

Stavroulakis, P. (Ed.). (2005). Chaos applications in telecommunications. CRC press.

Tam, W. M., Lau, F. C., & Chi, K. T. (2010). Digital communications with chaos: multiple access techniques and performance. Elsevier.

Vizvari, G. K., & Schwarz, W. (1996, June). Differential chaos shift keying: A robust coding for chaos communication. In Proceedings of International Workshop on Nonlinear Dynamics of Electronic Systems, 1996 [C] (pp. 87-92).

BÖLÜM 2:

ELEKTRİK TESİSLERİNDE ÖNEMLİ BİR KORUMA YÖNTEMİ: TOPRAKLAMA

Dr.Öğr. Üyesi Behçet KOCAMAN[1]

[1]Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Bitlis, Türkiye. bkocaman@beu.edu.tr

GİRİŞ

Elektrik enerjisinin üretildiği santralden tüketim merkezine kadar iletilmesi, burada hizmetlerin karşılanması için yapılan donanımın tümüne elektrik tesisi denir. Elektrik tesislerinde, insan hayatının ve elektrikli cihazların korunması için koruma tedbirlerinin alınması gerekmektedir. Koruma amacıyla yapılan en etkili yöntemlerden biri topraklamadır. Topraklama; gerilim altında bulunmayan iletken kısımların toprak içerisine yerleştirilmiş elektrot denilen iletken cisimle bağlanması sonucu toprakla bir iletken bağlantı kurmak olarak tanımlanır. Topraklama yapılmasındaki amaç, elektrikli cihazları kullanan kişilerin can güvenliğini sağlamak ve cihazların zarar görmesini önlemektir. Bu nedenle tüm elektrikli cihazların iletken gövdeleri, boruların madeni kısımları, kurşunlu kabloların kurşun kılıfları, tablo ve benzeri elemanların metal kısımlarının topraklanması gerekir. Bu çalışmada, elektrik tesislerinde koruma amaçlı yapılan topraklamanın çeşitleri, kullanım şemaları, temel topraklama ve topraklama direnci konuları açıklanmıştır.

1. FONKSİYONLARINA GÖRE TOPRAKLAMA

Topraklama; fonksiyonlarına göre işletme, koruma ve özel (fonksiyon) topraklama olmak üzere başlıca üç amaçla yapılmaktadır.

1.1. İşletme topraklaması

Normal şartlarda gerilim altında olan aktif kısımların topraklanmasına denir. Başka bir ifade ile transformatörün yıldız noktasının bir iletkenle toprakla bağlantısının sağlanmasıdır. İşletme

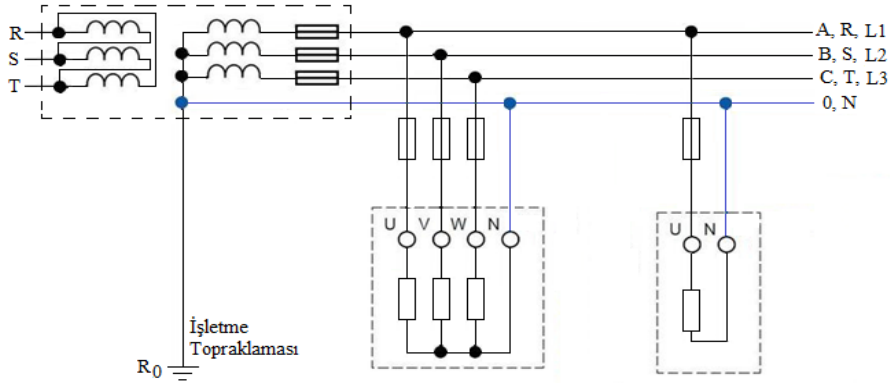
topraklaması, işletmeye ait bir topraklama olup topraklanmamış sisteme göre daha emniyetlidir.

İşletme topraklamasının amacı; işletme akım devresinin toprağa karşı potansiyelini belirli bir değerde bulundurarak, elektrik tesisleri üzerinde aşırı gerilimlerin oluşmasını önlemektir. İşletme topraklamasıyla iki faz toprak arızası oluşumu önlenir ve devre kesicilerin hemen açtırılması sağlanır (Bayram,2000).

Generatör ve güç transformatörlerine ait yüksek gerilim (YG) ve alçak gerilim (AG) sargılarının yıldız noktaları ve kutupları işletme topraklamasına bağlanmaktadır. İşletme topraklamasının direnci, yaklaşık 2 Ω kadardır. Sıfır (nötr) noktası topraklanan ve koruma topraklaması yapılan şebekelerde işletme topraklamasının direnci, aşağıdaki formülle bulunabilir.

R_0= 65 V/ (Topraklanmış en büyük alıcının kesme akımı)

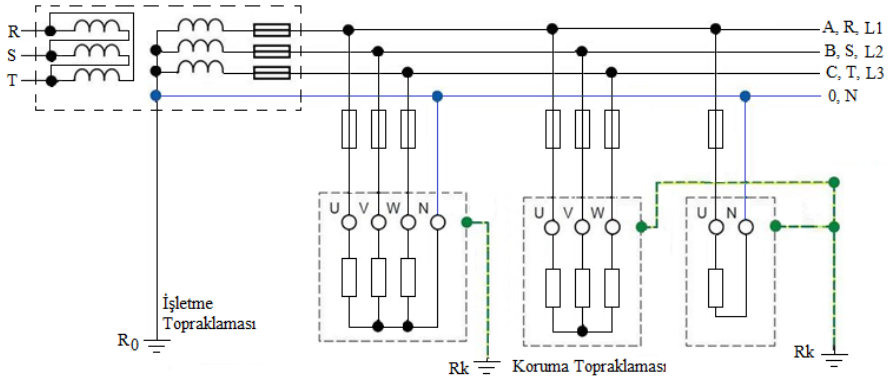
İşletme topraklamasına ait şematik gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. İşletme topraklaması bağlantı şeması

1.2. Koruma topraklaması

Normal şartlarda gerilim altında bulunmayan ancak herhangi bir hatadan dolayı gerilim altına girmesi düşünülen metal kısımlarının bir iletken yardımıyla toprak ile bağlantısının yapılmasıdır. Koruma topraklamasındaki amaç, elektrikli cihazları kullananları ve hayvanları tehlike oluşturan dokunma ve adım gerilimlerine karşı korumaktır. Böylelikle gerilim altında bulunmayan iletken tesis bölümlerinde yüksek dokunma gerilimlerinin daima kalması engellenir. Koruma topraklaması bağlantı şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Koruma topraklaması bağlantı şeması

Koruma topraklaması aşağıdaki kısımlara bağlanır.

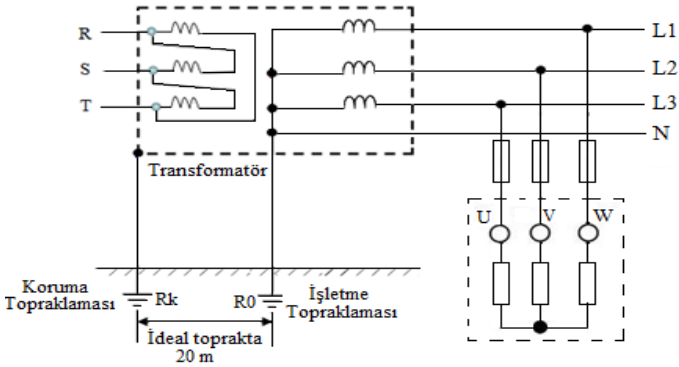
1. Elektrik motor ve generatörlerinin, transformatörlerin, parafudrların, enerji nakil hattı traverslerinin iletken kısımları,
2. Binanın iletken durumda bulunan ve ulaşılabilen bölümleri,
3. AG ve YG iletkenlerinin kurşun kılıf ve madeni zırhları,
4. Akım ve gerilim transformatörlerinin sekonder sargıları,
5. YG hava hatlarında kullanılan koruma iletkenleri,

6. Normal işletme koşullarında YG altında olan ve çalışma yapmak için enerjisi kesilmiş tesisat kısımları,
7. Kuvvetli akımdaki işletme ve koruma topraklamalarının tesis sahası içinde yer alan zayıf akım ve AG tesisat devrelerinin birer noktası,

Koruma topraklaması yapılması durumunda herhangi bir arıza oluşursa enerjinin kesilmesi veya tehlikeli akımların toprağa akması sonucunda normal potansiyeline ulaşması sağlanmış olur. Herhangi bir hata durumunda, toprak teması akım devresini toprak üzerinden tamamlaması sonucunda korunacak olan işletme araçlarının koruma topraklama direnci;

Rk <= 65 V/Ia şartını sağlamalıdır.

Transformatör için transformatör gövdesini korumaya yarayan koruma topraklaması ve transformatörün yıldız noktasından topraklamaya indirilen işletme topraklaması olmak üzere iki adet topraklama vardır.

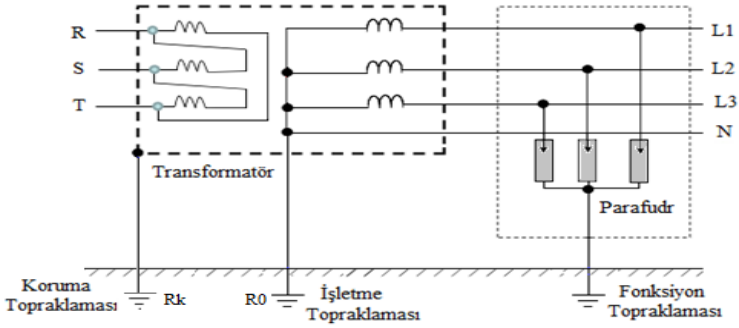


Şekil 3. İşletme ve koruma topraklaması arasındaki mesafe (Üçleroğlu, 2003)

Koruma ve işletme topraklaması arasında ideal toprakta 20 m mesafe olmalıdır. Buna uygun şematik gösterimi Şekil 3'te verilmiştir. Ancak yıldız noktasını (nötr) sadece yıldız noktasından topraklama yeterli değildir. Çünkü işletme topraklaması iletkeni koparsa veya bağlantının olduğu yerde bir gevşeme meydana gelmesi durumunda, koruma devreden çıkar. Dolayısıyla can ve mal güvenliği sağlanamaz. Bu durumun önüne geçmek için nötr iletkeninin birkaç yerden daha topraklanması yapılmalıdır.

1.3. Fonksiyon topraklaması (özel topraklama)

İşletme ve koruma topraklamalarının dışında iletim tesisi veya bir işletmeye ait elemanın istenilen fonksiyonlarını yerine getirmesi amacıyla yapılan topraklama çeşididir. Ayrıca, yıldırım etkilerini azaltmaya karşı koruma, raylı sistemler, iletişim tesisleri ve AG cihazları için yapılan topraklamadır. İşletme, koruma ve fonksiyon topraklamasının birlikte bulunduğu şematik gösterim Şekil 4'te verilmiştir.

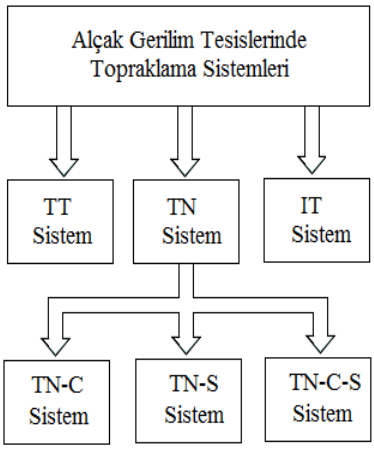


Şekil 4. Fonksiyon topraklaması (Dirlik, 2013)

Topraklama sisteminde, topraklayıcı (topraklama elektrodu) olarak; çubuk, levha, şerit topraklayıcılar ile topraklama ağları yaygın olarak kullanılmaktadır.

2. ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE TOPRAKLAMA SİSTEMLERİ

21.08.2001 tarih ve 24500 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliğine göre elektrik tesislerindeki elektrik dağıtım şebekeleri, topraklama sistemlerine göre Şekil 5'te görülen şekilde sınıflandırılmıştır (Kaşıkçı, 2018).



Kullanılan harflerin anlamı:
TT (Terre Terre)
IT (Isolated Terre)
TN-C (Terre Neutral – Combined)
TN-S (Terre Neutral – Separate)
TN-C-S (Terre Neutral – Combined – Separate)
T: Terre, toprak
N: Neutral, nötr
I : Isolated, izolasyon
C :Combined, birleştirilmiş
S : Separate, ayrı

Şekil 5. Alçak gerilim tesislerinde topraklama sistemleri

1. Harf (T ve I): Transformatörün yıldız noktasının toprakla bağlantı durumunu ifade eder (URL-1).

T : Bir noktanın (örneğin yıldız noktasının) toprağa doğrudan bağlanmasını ifade eder.

I : Tüm gerilim altındaki kısımların toprak ile izole edilmiş olması veya bir noktaya bağlanan empedans üzerinden toprağa bağlanmasını ifade eder.

2. Harf (T ve N): Tesisatın açıktaki iletken bölümlerinin toprağa bağlantı durumunu ifade eder.

İlk harf T ise; gövdenin, kaynağa ait topraklamasından ayrı olacak şekilde açıkta bulunan iletken kısımların elektriksel olarak doğrudan toprağa bağlanmasını ifade eder.

İlk harf N ise; gövdenin, doğrudan işletmeye ait topraklama hattına bağlanmasını ifade eder.

Bir sonraki harf (varsa): Nötr ve koruma iletkenlerinin düzenlenmesini ifade eder.

TN sistemlerde TN'den sonra eklenen S harfi, koruma iletkeni (PE) ve nötr iletkeninin (N) birbirinden ayrılmış olması anlamına gelir. TN'den sonra eklenen C harfi ise bu iki iletkenin birleştirilmiş olması anlamındadır.

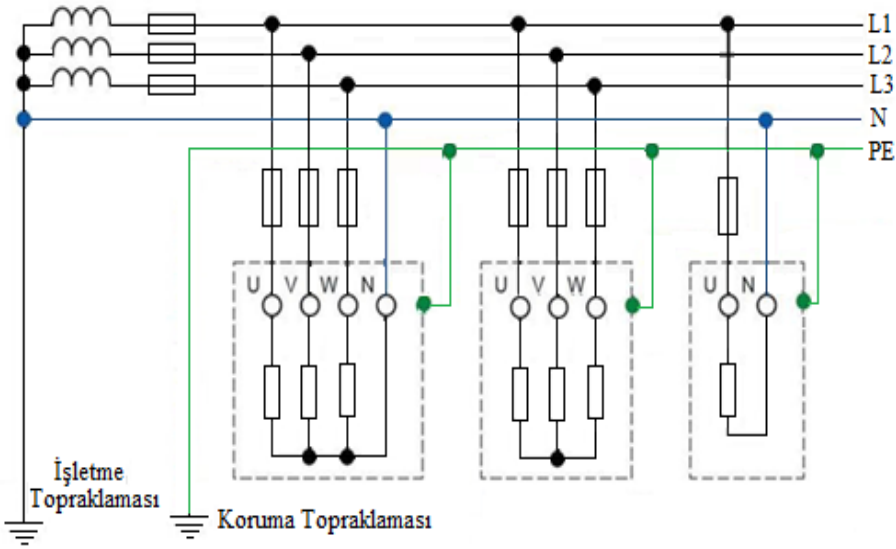
TN'den sonraki harf S ise; nötr (N, Neutral) ve koruma hattı (PE, Protection Earth) ayrı bir iletkenle koruma fonksiyonun sağlanmasını ifade eder.

TN'den sonraki harf C ise; nötr (N) ve koruma hattı (PE) güvenliğinin tek iletken üzerinden birleştirilmesini (PEN, Protection Earth Neutral) ifade eder.

2.1. TT Topraklama Sistemi

TT topraklama sisteminde, transformatörün yıldız noktasının (nötr) toprağa doğrudan bağlı olduğu ve elektrikli cihazların

gövdelerinin koruma topraklamasına bağlandığı sistemdir. Türkiye'de alçak gerilim dağıtım sistemlerinde TT topraklama sistemi kullanılmaktadır. TT topraklama sistemlerinde, koruma iletkenlerinin kesiti, açıktaki iletken bölümlerin ve besleme kaynağı nötr'ünün toprak elektrotlarının elektriksel olarak bağımsız olması koşuluyla, 25 mm^2 kesitinde bakır veya 35 mm^2 kesitinde alüminyum iletken ile sınırlandırılabilir (Aydın,2015). TT topraklama sistemi bağlantı şeması Şekil 6'da verilmiştir.



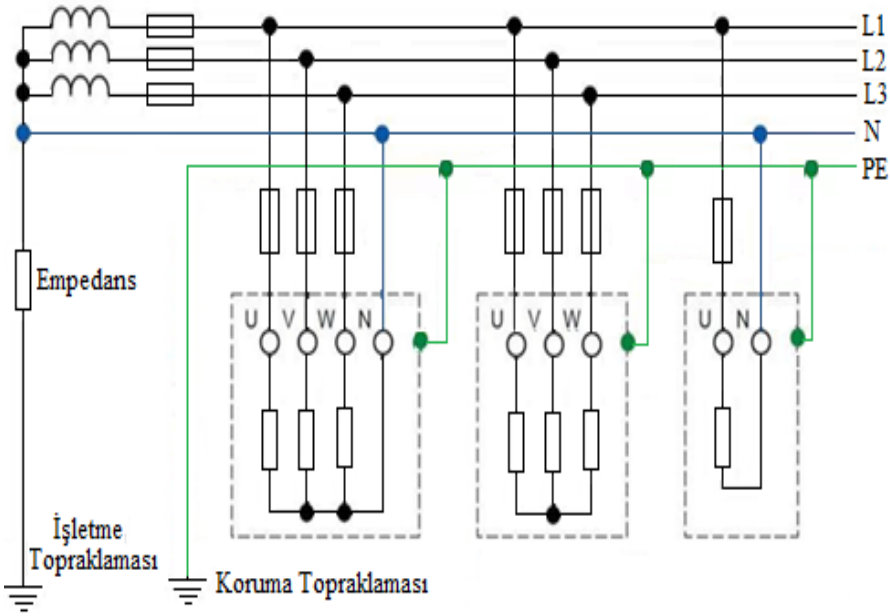
Şekil 6. TT topraklama sistemi bağlantı şeması

2.2. IT Topraklama sistemi

IT topraklama sisteminde, tüm gerilim altında bulunan kısımlar topraktan ayrılır veya bir noktadan, bir empedans üzerinden toprakla bağlantısı sağlanır. Elektrik tesisatında açıkta kalan iletken kısımları

ayrı ayrı veya birleştirilerek topraklaması yapılır veya işletme topraklamasına bağlantısı sağlanır.

Gerilim altında bulunan iletkenlerden hiçbiri toprağa doğrudan bağlantısı yapılmaz. Toprağa bağlantısının gerekli olduğu yerlerde, en az 15 kΩ değerindeki yüksek değere sahip bir empedans üzerinden yapılmalıdır. IT topraklama sistemi bağlantı şeması Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. IT topraklama sistemi bağlantı şeması

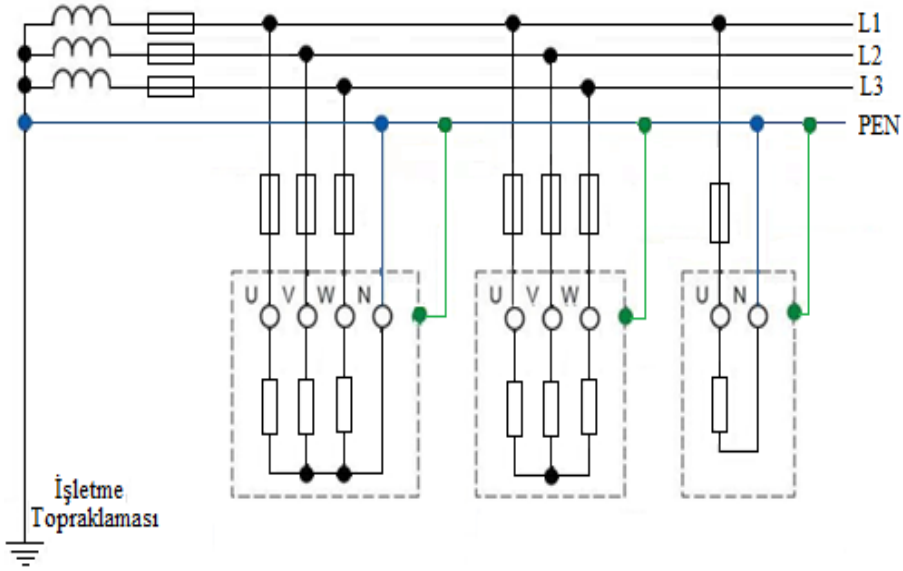
2.3. TN Topraklama sistemi

TN topraklama sisteminde, doğrudan topraklanmış bir nokta bulunur. Tesisatta açıkta bulunan iletken kısımları bu noktaya koruma iletkeni yardımıyla bağlanır. Burada tesisatta açıkta bulunan her iletken kısmı koruma iletkeni ile tesisatın ana topraklama bağlantı ucuna

bağlanmalıdır. Ayrıca bu bağlantı ucu besleme kaynağının topraklı noktasına uygun bir şekilde montajı sağlanmalıdır. TN topraklama sistemleri; koruma (PE) ve nötr (N) iletkenlerinin durumuna göre TN-C, TN-S ve TN-C-S topraklama sistemi olmak üzere üç sınıfa ayrılır.

2.3. 1. TN-C Topraklama sistemi

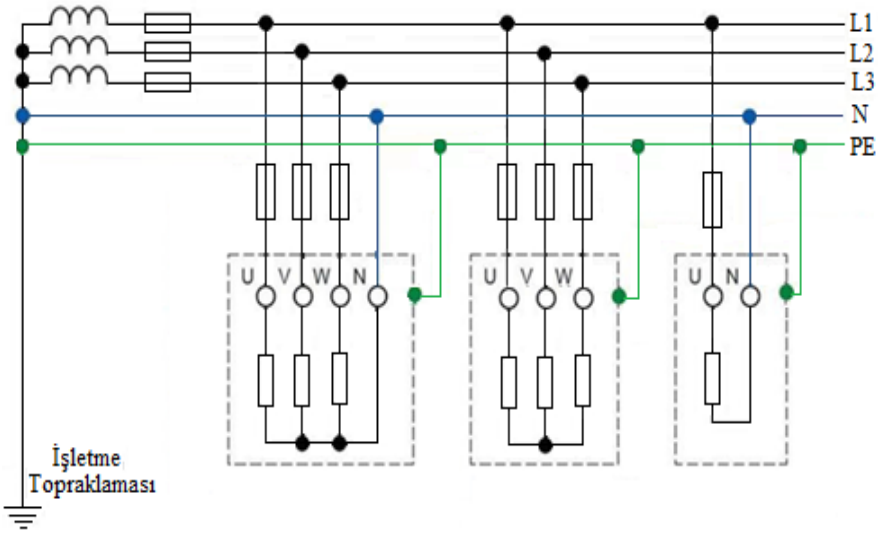
Topraklama sisteminin tümünde nötr ile koruma fonksiyonları ortak olarak tek iletkende birleştirilmiştir. Tesisatın bütün açıkta bulunan iletken kısımları PEN iletkeni ile bağlantısı sağlanmıştır. Bu topraklama sistemi pek tavsiye edilmeyen bir sistemdir. Üç fazlı transformatörün sekonder sargılarının yıldız bağlanması durumunda yıldız noktasına bağlanan ve nötr iletkeni üzerinden geçen akım faz iletkenleri üzerinden geçen akımların vektörel toplamı olmasından dolayı dengeli besleme yapılmış üç fazlı sistemde bu toplam sıfır olacağından nötr iletkeni üzerinden herhangi bir akım geçmez (Aydın, 2015). Ancak üç fazlı sistemlerde tek fazlı doğrusal yüklerin olması durumunda veya dengesiz besleme yapılması durumunda nötr hattından akım geçer. Bu sistemde, toprak ve nötr akımları ayrılamadığı için RCD'ye (artık akım cihazı, kaçak akım rölesi) izin verilmez. TN-C topraklama sistemi bağlantı şeması Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. TN-C topraklama sistemi bağlantı şeması

2.3. 2. TN-S Topraklama sistemi

Sisteme ait tüm tesisatta ayrı bir koruma iletkeni kullanılmaktadır. Nötr (N) iletkeni yalıtılmış olarak çekilir. Koruma iletkeni (PE), tesisatın besleme iletkeninin metal kılıfı kullanılmasıyla veya ayrı bir iletkenle sağlanır. Başka bir ifadeyle, TN-S topraklama sisteminde koruma ve nötr iletkenleri, tesisatın tamamında ayrı ayrı çekilir. Tesisatın bütün açıkta bulunan iletken kısımları, tesisatın ana topraklama barası (ucu, klemensi) yardımıyla bu koruma iletkenine bağlanması sağlanır. TN-S topraklama sisteminde uygulanan bağlantı şeması Şekil 9'da verilmiştir.

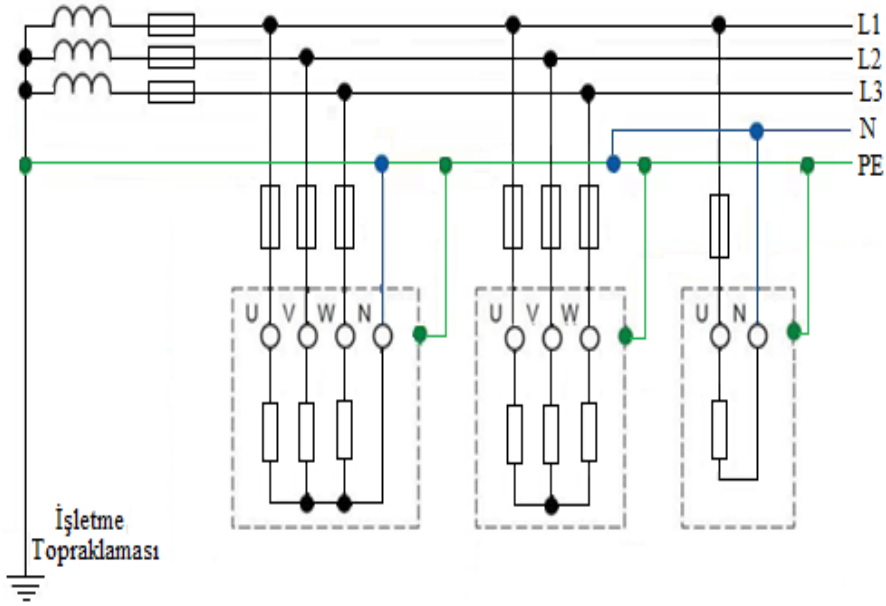


Şekil 9. TN-S topraklama sistemi bağlantı şeması

TN-S topraklama sistemi, kendi ihtiyaçları için bir veya daha fazla YG /AG (Yüksek Gerilim/ Alçak Gerilim) transformatörü olan büyük tüketiciler ve kurulum / ekipman enerji kaynağına (transformatörler) bitişikse, elektrik enerjisi kaynaklarına yakın kurulumlar için uygundur.

2.3. 3. TN-C-S Topraklama sistemi

Nötr ve koruma fonksiyonları, sistemin bir kısmında tek iletken üzerinden birleştirilmiştir. TN-C-S topraklama sisteminde; koruma ve nötr iletkenleri, şebekenin bir kısmında ayrı ayrı, bir kısmında ise ortak bir iletken olarak kullanılır. Tesisatın bütün açıkta bulunan iletken kısımları, tesisatın ana topraklama barası (ucu, klemensi) yardımıyla PEN iletkenine bağlanması sağlanmıştır. Nötr (N) ve koruma (PE) iletkenleri topraklama barasında birleştirilmektedir. TN-C-S topraklama sistemi bağlantı şeması Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. TN-C-S topraklama sistemi bağlantı şeması

TN-C-S topraklama sisteminde, nötr iletkeni, tüketici tarafında ortaya çıkabilecek toprak arıza akımını güç kaynağına geri yüklemek için işlev görebilir. Bu sistemde, ekipmanın tüketiciye kurulması, topraklamayı sadece güç kaynağı tarafından sağlanan terminale (kanala) bağlar.

Elektrik dağıtım şebekelerinin topraklama sistemlerinde kullanılan TT, IT, TN-S, TN-C ve TN-C-S topraklama sistemlerinin karşılaştırmaları Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü gibi en güvenli topraklama sisteminin TN-S topraklama sistemidir. Benzer şekilde en az güvenli olan sistemin TN-C topraklama sistemi olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Topraklama sistemlerinin karşılaştırılması (URL-2)

	TT	**IT**	**TN-S**	**TN-C**	**TN-C-S**
Toprak arıza döngüsü empedansı	Yüksek	En yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
RCD (Artık Akım Cihazı) tercihi	Evet	Belli değil	İsteğe bağlı	Hayır	İsteğe bağlı
Sahada toprak elektrodu gerekir	Evet	Evet	Hayır	Hayır	İsteğe bağlı
PE iletken maliyeti	Düşük	Düşük	En yüksek	En az	Yüksek
Nötr kopma riski	Hayır	Hayır	Yüksek	En yüksek	Yüksek
Güvenlik	Güvenli	Az güvenli	En güvenli	En az güvenli	Güvenli
Elektromanyetik girişim	En az	En az	Düşük	Yüksek	Düşük
Güvenlik Riskleri	Yüksek döngü empedansı (adım ger.)	Çift hata, aşırı gerilim	Nötr kopuk	Nötr kopuk	Nötr kopuk
Avantajları	Güvenli ve güvenilir	İşlemi sürekliliği, maliyet	En güvenli	Maliyet	Güvenlik ve maliyet

3. TEMEL TOPRAKLAMA

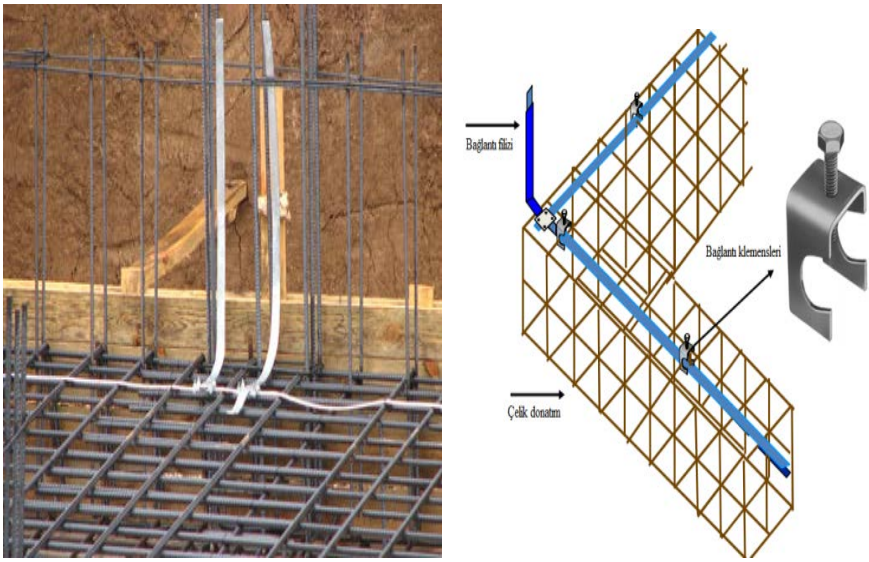
Elektrik kaçağı riskine karşı insanların hayatlarını ve cihazların kullanım ömrünü riske atmamak için yeni yapılacak binalarda temel topraklama yapılması zorunlu hale gelmiştir. Bunun yanında bir binada bulunan elektronik cihazların ve veri merkezinde bulunan ana makinelerin (server) oluşabilecek elektrik kaçağından veya bu cihazlar üzerinde biriken statik elektrik yükünün sisteme zarar verme tehlikesini ortadan kaldırmak için, cihaz gövdelerinin bir iletken yardımıyla temel topraklamasına bağlanması gerekir.

Temel topraklamasının yapılmasıyla potansiyel dengelemesinin etkisi artar. Aynı zamanda, kuvvetli akım ve yıldırıma karşı koruma tesislerinde topraklayıcı olarak kullanılması uygun olup kapalı bir ring şeklinde yapılması gerekir. Temel topraklaması için kullanılacak şeritler, binaya ait dış duvarların temel kısmına veya temel platformu içine beton dökülmeden önce yerleştirilmesi sağlanmalıdır.

Binaların çevresinin büyük olması durumunda topraklama için kullanılacak alan, enine bağlantılarla 20 m x 20 m'lik gözlere bölünmesi gerekir. Elektronik cihazların kullanımı için çok önemli olan topraklama işlemi, binanın temel betonu dökülmeden önce, temel donatısı üzerine topraklama şerit hattı çekilmelidir.

Temel donatısına bağlı olan bu sistem, binanın perde beton bitişiğine çakılan topraklama kazıkları ile bağlanması sonucu ideal temel topraklama hattı gerçekleştirilmiş olur. Binanın her katının tabliyesi ve kolonu için aynı işlemin yapılmasıyla tekrarlanacak bu

işlemle oluşturulacak faraday kafesi sonrası bina üzerine yerleştirilecek paratoner ile ideal topraklama işlemi tamamlanmış olur. Temel topraklaması bağlantı şeması Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Temel topraklaması bağlantı şeması (Kaşıkçı, 2018).

4. TOPRAKLAMA DİRENCİ

Topraklama yapılırken en fazla önem verilmesi gereken konuların başında topraklama direnci gelir. Topraklama direnci; topraklama elektrodu ile toprak arasındaki dirence denir. Bu direnç değeri, elektrodun yüzeyine, toprağın cinsine bağlı olarak mevsimlere göre değişen bir değerdir. Her toprak cinsinin elektrik akımına karşı gösterdiği direnç değeri farklıdır. Toprak cinsine göre toprağın özdirenç değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Toprak cinsine göre özdirenç değerleri (Sarı, 2019).

Toprak cinsi	**Toprak özdirenç değeri (Ω.m)**
Tuzlu topraklar	1-10
Bataklık	5-40
Killi topraklar	30-100
Akarsu	100
Rutubetli kum	200
Kuru kum	1000-2000
Çakıl	2000-3000
Kuru beton	100.000
Kaya	1000-10000
Buzultaş	>30000
Granit	>50000

Topraklama sisteminde dikkat edilecek önemli etkenlerden biri de topraklama elektrotunun her noktasının toprakla temas etmesini sağlamaktır. Bununla birlikte topraklamanın iyi yapıldığını söyleyebilmek için topraklama geçiş direncinin en az seviyede olması gerekir. Standart toprağın geçiş direnci ortalama 10 Ω dolayındadır. Topraklama direnç değeri, istenilen değerden daha yüksek çıkması durumunda mutlaka düşürülmelidir. Topraklama yapılırken elektrodun gömüleceği toprağın düşük direnç değerine sahip olmasına dikkat edilmelidir. Ancak her zaman düşük direnç değerine sahip toprak bulunmayabilir. Bu durumda düşük direnç değerli toprağın bulunduğu

yere elektrod gömülür ve topraklama iletkeni uzatılarak çözüm bulunur. Başka bir çözüm ise topraklama elektrodunun gömüleceği yerde büyükçe bir çukur açılır, direnç değeri düşük toprak bu çukura doldurularak çözüm bulunur. Topraklama direncini düşürmek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler aşağıda belirtilmiştir (Kocaman, 2019).

1. İlave çubuk kullanılarak direnç düşürme yöntemi: Bu yöntemde kullanılacak çubukların boyları, 250 cm ve iç çapları 5 cm olmalıdır. Bu çubuklar çakıldıkça topraklama direnci ölçülür, istenilen değer elde edilince çubuk çakılma işi sona erer.
2. Daha uzun çubuklar kullanılarak direnç düşürme yöntemi: Bu yöntem, düşük dirençli toprak tabakasının daha derinlerde olması halinde faydalıdır. İlave edilecek çubukların boyları, normal çubukların boylarına oranla daha uzun olmalıdır.
3. Toprağı kimyasal işleme tabii tutmakla direnç düşürme yöntemi: Bu yöntem, daha uzun çubukların çakılmasının mümkün olmadığı yerlerde uygulanır. Özellikle kayalık ve sert zeminli yerlerde iyi sonuç verir. Kimyasal işlem için kullanılan kaya tuzu, bakır sülfat, magnezyum sülfat gibi maddeler topraklama çubuğunun etrafındaki toprağın üst kısmına ve çubukla temas etmeyecek şekilde serpilmelidir. Bu yöntem, yağmurun normal yağdığı zamanlarda uygulanırsa daha iyi sonuç verir.
4. İlk üç yöntemin birlikte kullanılmasıyla direnç düşürme yöntemi: Topraklama direnci düşürme yöntemlerinin birlikte

kullanılması, bazı durumlarda istenilen topraklama direnci değerinin elde edilmesinde fayda sağlar. Örneğin, ilave çubuk kullanılmasının yanında, toprağın kimyasal işleme tabi tutulmasıyla daha iyi sonuç elde edilir.

Yüksek gerilim tesislerinde koruma topraklaması direnç değeri, koruma düzeneğine bağlı olarak değişmektedir. Ancak yüksek gerilim tesislerinde çeşitli topraklama dirençleri (R_k: Koruma topraklaması direnci, R_0:İşletme topraklaması direnci) için tavsiye edilen değerler aşağıdaki gibidir.

Alçak gerilim ve yüksek gerilim tesisleri birleştirildiğinde $R_k < 1\ \Omega$
İşletme topraklaması, $R_0 < 2\ \Omega$
Dengelenmiş şebekelerde, $R_k < 2\ \Omega$
Trafo merkezlerinde, direklerde, $R_k < 4\ \Omega$
AG ve YG bağlama tesisleri birleştirildiğinde, $R_k < 1\ \Omega$
Parafudr topraklama direnci, $R_k < 5\ \Omega$ olmalıdır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, elektrik tesislerinde kullanılan önemli bir koruma yöntemi olan topraklama ve çeşitleri hakkında temel bilgiler detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Topraklama sistemi yapılırken topraklama elektrodunun gömüleceği toprağın yapısının incelenmesi de gereklidir. Çünkü toprak yapısı topraklama direnci üzerinde etkisi vardır. Topraklama direncinin küçük olması, atmosferde oluşacak yıldırımın elektriğinin boşalmasında, meydana gelen yan atlamaları ve olası tehlikeleri azaltmaktadır.

İnsanların ve hayvanların bulunduğu ortamlarda toprağa geçiş direncinin önemli ölçüde küçük tutulması gerekli ve hayati açıdan önemlidir. Elektrik tesislerinde kullanılan topraklama sistemleri tasarlanırken yönetmeliklerde belirtilen esaslar dikkate alınmalıdır. Yönetmeliklerde belirtilen esaslar çerçevesinde yapılan topraklama sistemiyle, insan hayatı güvence altına alınacaktır. Ayrıca elektrikli cihazların düzgün çalışması ve korunması sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

Aydın A.F. (2015). Nötr İletken Kesitinin Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Bülteni, 27 (298):28-29.

Aydın A.F. (2015). AG Elektrik Tesislerinde Koruma İletkenlerinin Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Bülteni, 27 (299):27-29.

Bayram M. (2000). Elektrik Tesislerinde Topraklama, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Dirlik, C. (2013). Endüstriyel Tesislerde Topraklama Uygulamaları, (Yüksek Lisans Tezi) Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.

Kaşıkçı İ. (2018). Elektrik Tesisleri Güvenlik Koruma ve Uygulama Esasları, Birsen Yayınevi, ISBN: 9789755116761, İstanbul.

Kocaman B. (2019). Bitlis Eren Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elektrik Tesislerinde Koruma Ders Notları, Bitlis.

Sarı M. (2019). Elektrik Tesislerinde Topraklamanın İş Sağlığı Ve Güvenliği Açısından Önemi, (Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Esenyurt Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

URL-1, https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2001 /08/ 20010821. htm#8 Erişim Tarihi: 10.11.2019

URL-2,https://blog.phoenixcontact.com/marketing-sea/2019/01/ grounding-system-types-according-to-ieee-standard/Web/Erişim Tarihi:12.01.2020.

Üçleroğlu K.(2003). İşletme Topraklaması R_0 İle Koruma Topraklaması Rk Arasındaki Mesafe, Elektrik Mühendisliği Dergisi, 365: 525-529.

BÖLÜM 3:

ELEKTROEĞİRME YÖNTEMİ VE NANOFİBER ÜRETİMİ

Dr. Mesut YALÇIN[1]

[1]Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Kilis, Türkiye, myalcin@kilis.edu.tr

GİRİŞ

Nano boyut ve nanoteknolojinin gelişmesi ile birlikte daha fonksiyonel cihazların üretilmesi, dünyada nanoteknolojik bir devrimin yaşanmasına yol açmıştır. Nanoteknoloji, atom ve moleküllerin bir araya getirilerek nano ölçekli fonksiyonel sistemlerin oluşturulmasıdır. Nano ölçekteki bir malzemenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri makro ölçekteki yapısına göre önemli ölçüde değişir. Boyut ve ebat birbirinden farklı kavramlardır. Bir malzemenin boyutu; onun bir, iki ya da üç boyutlu yapıda olduğunu ifade ederken, ebadı ise malzemenin büyüklüğünün bir ölçüsüdür. Nano ölçekli bir malzemenin ebadı ve boyutu değiştikçe özellikleri de değişir. Günümüzde farklı boyutlarda ve özelliklerde olmak üzere sıfır boyutlu kuantum noktalar, bir boyutlu nanotüpler, iki boyutlu nano filmler ve üç boyutlu nano ağ yapılar üretilmiştir. Ancak son yıllarda bir boyutlu fonksiyonel nano yapıların üretimi sağlanmıştır. Bir boyutlu nano yapılar sahip oldukları boyut ve yüzey etkisinin yanı sıra, süper para manyetizma gibi özellikleri sayesinde özellikle algılayıcılarda, güneş pillerinde ve daha birçok alanda kullanılabilecek önemli bir malzeme konumuna gelmiştir. Bir boyutlu nano yapılar arasında nanofiberlerin sahip olduğu büyük uzunluk/çap oranı onların kütle başına büyük bir yüzey alanına sahip olmalarını sağlar. Nanofiberler diğer bir boyutlu yapılara göre daha kolay bir şekilde üretilebildikleri için diğer yapılara göre çeşitli uygulamalarda verimli bir şekilde kullanılabilir. Günümüzde çekme kalıp, faz ayrılması, kendi kendine oluşum ve elektroeğirme gibi yöntemler kullanılarak polimer, metal, seramik ve cam tabanlı fiberler

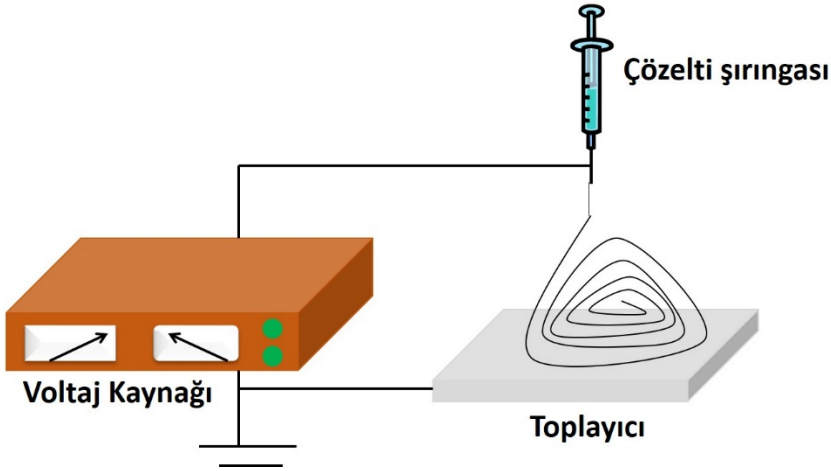
üretilmiştir (Madhavan vd., 2012; Zhu vd., 2012). Ancak bu yöntemler arasında özellikle elektroeğirme yöntemi kullanılarak, iki ya da üç boyutlu nano yapılar üretmek mümkündür. Özellikle üç boyutlu yapıların sahip olduğu büyük yüzey alanı sayesinde güneş pillerinde kullanıldıklarında ışığı soğurma oranını önemli ölçüde artırabilir. Ayrıca üç boyutlu yapılar doku ve tekstil mühendisliği gibi alanlarda da önemli avantajlar sağlayabilir. Ancak üç boyutlu nano yapılar enerji depolama ve dönüşümü sağlayan cihazların yanı sıra vücutta kullanılan implantlarda, canlı hücrelerde, disiplinler arası çalışmalarda ve dokuların yeniden modellenmesinde kullanılabilir (Keirouz vd., 2019; Rad vd., 2019). Doku mühendisliğinin temel prensibi, canlı ve/veya canlı olmayan dokularda bir çekirdek reaksiyonu oluşturarak üç boyutlu nanofiber ağlar yardımıyla dokuların büyütülmesine dayanır. Oluşturulan bu üç boyutlu ağlar, iki boyutlu yapılara göre hücreler ve organlar arasında daha iyi bir bağlantı sağlar. Ayrıca üç boyutlu yapılar; hücreler arası etkileşim, hücre göçü ve hücre morfogenezini geliştirerek doku fonksiyonlarını ve hücre döngüsünü düzenlemede önemli rol oynar (Ng vd., 2012). Üç boyutlu nano yapılar özellikle dağlama, kalıba bağlı sentezleme, ıslak kimyasal yaklaşım, kontak baskı, gaz köpüğü, litografi ve elektroeğirme yöntemleri kullanılarak üretilebilir (Kumar vd., 2018; Lee vd., 2013; Okabe vd., 2019). Ancak üç boyutlu yapıların sahip olduğu gözeneklerin fiziksel özellikleri onların hücre içerisinde kullanımlarını kısıtlar. Bu nedenle çok çeşitli alanlarda kullanılabilecek, uygun yapıda nanofiber üretmek oldukça önemlidir. Üretilen nanofiberlerin güneş pilleri, doku mühendisliği gibi pek çok uygulamada kullanımını sağlamak için verimli bir üretim yönteminin

kullanılması gerekir. Yukarıda adı geçen yöntemlerden biri olan elektroeğirme yöntemi, uzun ve sürekli fiberlerin üretilmesinde kullanılabilecek basit ve verimli bir teknik olarak karşımıza çıkar. Elektroeğirme yönteminin en önemli avantajı kolay bir şekilde gözenek boyutunun ve morfolojisinin kontrol edilmesi ve hizalanmış fiberlerin üretilmesini sağlamasıdır (Lee vd., 2013; Lu vd., 2019). İki boyutlu nanofiber üretimi nispeten kolay olsa da üç boyutlu fiberlerin üretilmesi zorlu bir süreci gerektirir. Çünkü üç boyutlu malzeme üretirken, ölçeklerin kontrol edilmesi oldukça zordur. Ancak bütün bu süreçler dikkate alındığında iki ya da üç boyutlu fonksiyonel fiber üretmenin en ideal yollarından biri elektroeğirme yöntemidir. Bu yöntem aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

1. ELEKTROEĞİRME YÖNTEMİ

Elektroeğirme yönteminin temelini oluşturan ilk çalışma Formhals tarafından 1934 yılında yapılmıştır (Formhals, 1934). Ancak gelişen teknoloji ile birlikte bu yöntem günümüzde son derece ilgi çekici bir malzeme üretim yöntemi haline gelmiştir. Tipik bir elektroeğirme yöntemi üç temel birimden oluşur. Bu birimler; yüksek bir voltaj kaynağı, ucunda püskürtme memesi bulunan çözeltinin içerisinden aktığı boru sistemi ve toprağa bağlı metal bir toplayıcı yüzeydir. Yüksek voltaj kaynağının bağlantılarından biri çözelti ile dolu şırınganın metal ucuna bağlanırken diğer ucu topraklama görevi yapan toplayıcı yüzeye bağlanır. Klasik bir elektroeğirme sistemi şekil 1’ de şematik olarak gösterilmiştir. Eğirme işlemi boyunca; enjektör

iğnesinden çıkan çözelti, yüksek voltaj altında fiber şeklini alarak toprağa bağlı olan metal toplayıcı yüzeyde birikir.



Şekil 1. Elektroeğirme sistemi

Elektroeğirme işlemi sırasında yüksek voltajın oluşturduğu elektrik alan sayesinde çözelti, püskürtme iğnesinin ucuna küçük damlacıklar halinde gelir. Daha sonra yüklenmiş sıvı çözelti damlaları birer koni şeklini alır. Koni şeklini alan bu sıvı, jet olarak adlandırılır. Koni şekli alan bu jetler uzamaya başlar. Elektrik alanın etkisiyle sıvıdaki uzamalar bükülmeye başlayarak toplayıcı yüzeyde fiber yapıları oluşturur. Uygun deney şartları sağlanarak sarmal, bükülü, çapraz ağ şeklinde değişik formda iki ya da üç boyutlu fiber yapılar sentezlenebilir. Elektroeğirme yöntemiyle, kısa sürede istenilen boyutta ve büyüklükte nanofiber yapılar sentezlenebilir. Son yıllarda elektroeğirme yöntemi kullanılarak organik veya inorganik malzemeler yardımıyla makro ve/veya nano ölçekli fiber ağların üretimi yapılmıştır.

Üretilen bu ağlar güneş pillerinde, algılayıcılarda, filtrelerde, doku mühendisliğinde, ilaç salınımında ve yaraların iyileştirilmesinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Cheng vd., 2018; Qin vd., 2019; Sarwar vd., 2019). Elektroeğirme yöntemi ile üretilen fiberlerin çaplarını ve morfolojik özelliklerini etkileyen birçok değişken söz konusudur. Bunlar; uygulanan voltaj, çözeltinin viskozitesi, iğnenin ucu ile toplayıcı yüzey arasındaki mesafe olarak sıralanabilir. Ayrıca nem ve ortam sıcaklığı fiberlerin yapısını etkileyen ikincil faktörlerdir.

1.1. Elektroeğirme İşlemi

Elektroeğirme süreci yüksek voltaj altında oluşan elektrik alanın etkisiyle akışkanın yapısındaki değişimlerdir. Akışkanın yapısında meydana gelen değişimleri kontrol etmek için niceliksel bir analiz yapılması gerekir. Elektroeğirme sürecine maruz kalan sıvı çözelti elektrik alan etkisiyle nano boyutlu katı fiberlere dönüşür. Elektroeğirme işlemi temel olarak üç aşamada gerçekleşir. Bu aşamalar;

- Yüklenmiş jetlerin düz bir hat boyunca uzamaya başlaması
- Uzayan jetlerin elektrik alan etkisiyle bükülmesi veya ayrılması
- Mikro ya da nano ölçekli fiber oluşumu için jetlerin toplayıcı yüzey üzerinde katılaşması olarak sıralanabilir (Huang vd., 2003).

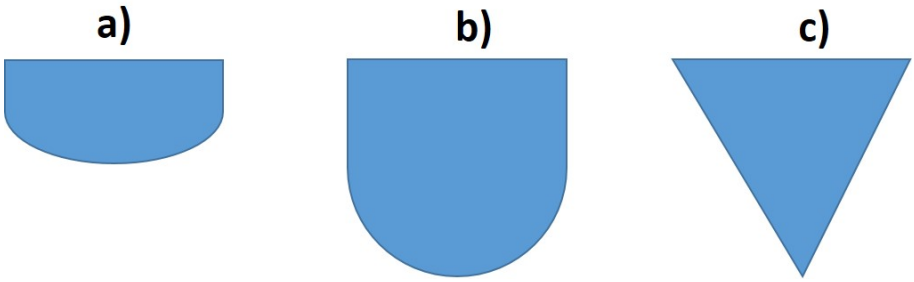
Bu üç süreç aşağıda farklı başlıklar altında ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

1.1.1. Jet Oluşumunun Başlaması

Elektroeğirme sürecinin başlaması için elektriksel kuvvet kullanılır. Şırınga iğnesinin ucuna gelen yüklü çözelti damlasının boyutu, elektriksel kuvvetin etkisi ile giderek değişir. Uygulanan voltajın etkisiyle çözelti damlasının şekli yarım küreden, koni şekline dönüşür. Bu koni şeklindeki çözelti Taylor konisi olarak bilinir (Taylor, 1964). Taylor konisinin ucuna yüksek bir elektriksel kuvvet etki eder. Uygulanan voltaj kritik bir değere ulaştığında, koninin ucundaki damlaya etki eden elektriksel kuvvet yüzey geriliminin üstesinden gelerek çözelti damlasını püskürtülecek yapıya dönüştürür. Elektrik alan etkisiyle zamanla Taylor konisi şekline dönüşen çözelti damlaları şekil 2.' de gösterilmiştir. Taylor, elektroeğirme sürecinde kullanılan kritik voltaj değerini aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplamıştır (Taylor, 1969).

$$V_c^2 = 4\frac{H^2}{h^2}\left(ln\left(\frac{2h}{R}\right) - 1{,}5\right)(1{,}3\pi R\gamma)(0{,}09) \qquad (1)$$

Denklemde; V_c kritik voltaj değeri, H püskürtme iğnesinin ucunun toplayıcı yüzeye olan uzaklığı, h enjektöre yerleştirilen sıvının enjektördeki uzunluğu, R kullanılan iğnenin dış yarıçapı, γ ise çözeltinin yüzey gerilimidir. Denklemdeki 0,09 değeri ise voltajı kilovolt cinsinden ifade etmek için kullanılan katsayıdır.



Şekil 2. Damlacıkların Taylor konisine dönüş aşamaları

Kritik voltaj değerine karşı oluşan elektrik alanın değeri de kritik elektrik alan olarak adlandırılır ve E_c ile gösterilir. Kritik elektrik alan aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir.

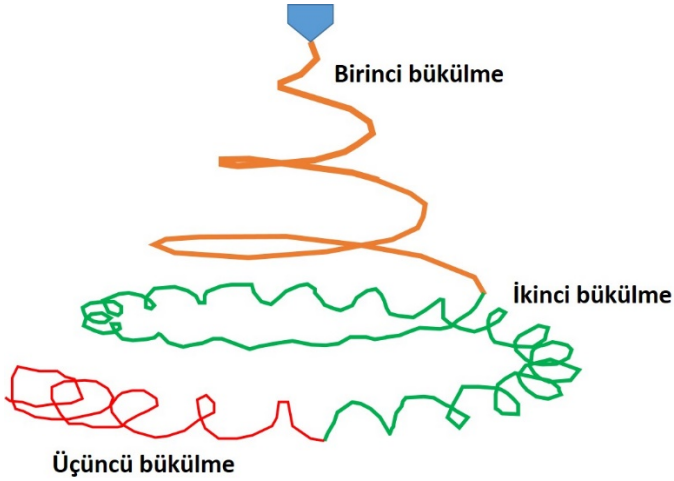
$$E_c = \sqrt[4]{4\gamma\rho g/\varepsilon^2} \tag{2}$$

Denklemde γ çözeltinin yüzey gerilimi, ρ çözeltinin yoğunluğu, g yerçekimi ivmesi, ε ise geçirgenliktir. Elektroeğirme yönteminde oluşan elektrik alan, fiberlerin oluşumunda anahtar rol oynayan faktördür.

1.1.2. Jetlerin Bükülmesi ve Uzaması

Yüklenmiş jetlerin yarıçapları, iğneden uzaklaştıkça uygulanan voltajın etkisiyle giderek azalır. Böylece oluşan jetler çok ince ve uzun bir yapıya dönüşür. Jetlerin üzerindeki aşırı yükün dağılması için belirli bir sürenin geçmesi gerekir. Aşırı yüklenmenin olduğu bölgelerde sıvı uzama ve bükülme eğilimindedir. Elektriksel kuvvetin etkisiyle iğneden ayrılan jetler, elektrik alan etkisiyle bükülerek toplayıcı

yüzeyde birikir. Ancak yük dağılımının düzgün olmaması, uzamış jetlerin kararsız olduğu anlamına gelir. Nanometre ölçekli üretim yapılması için, uzamadan ziyade elektrik alan etkisiyle bükülmenin oluşması gerekir. Şekil 3' te düzgün olmayan yük dağılımına bağlı olarak oluşan fiberler gösterilmiştir. İğnenin ucundan çıktığı anda kalın olan fiberler yük dağılımındaki kararsızlığın etkisiyle giderek incelir.



Şekil 3. Yük dağılımındaki kararsızlığın etkisiyle oluşan bükülü fiber yapılar

Elektrik alanın etkisiyle bükülmeye bağlı olarak fiberlerin kalınlıkları giderek azalırken çapları artar. Bükülmeler, yük dağılımından kaynaklanan kararsızlık sonucu oluşur. Bu süreçte üç tip karasızlık söz konusudur. Bu kararsızlıkların ilki klasik Rayleigh kararsızlığıdır. Bu kararsızlık, çoğunlukla elektrik alandaki baskılama ve yüzey gerilimi tarafından oluşan simetrik eksenli bir kararsızlıktır. İkinci kararsızlık yine simetrik eksenli bir kararsızlıktan kaynaklanır. Ancak üçüncü

kararsızlık Whipping karasızlığı olarak adlandırılan, simetrik eksenli olmayan bir kararsızlık türüdür. Whipping karasızlığı, yüksek elektrik alan etkisiyle giderek incelen fiberlerin bükülmesi sonucu oluşan kararsızlıktır (Shin vd., 2001).

1.1.3. Fiberlerin Katılaşması ve Birikmesi

Elektroeğirme yönteminde kullanılan çözeltilerin çoğu polimer tabanlı çözeltilerdir. Dolayısıyla jetlerin uzaması süresince, çözücü giderek buharlaşarak arkasında yüklü polimer fiberler bırakır. Katılaşma ve buharlaşma gerçekleşirken, jetlerin kütlesi ve hacmi değişir. Ancak yüklü jetlerin katılaşması ve buharlaşması sırasında nem ve ortam sıcaklığının etkisi söz konusudur. Ortamın nem miktarı arttığında katılaşma yavaş gerçekleşir. Katılaşmanın yavaşlaması, yüklü jetlerin sürekli uzamasına izin vererek daha ince fiber oluşmasını sağlar. Oluşan fiberler bir toplayıcı yüzey üzerinde biriktirilir. Fiberlerin biriktirilmesi süresince katı yüzeye çarpan jetler, uzunlamasına bir baskı kuvveti etkisinde kalarak bükülme kararsızlığına uğrar. Bu nedenle toplayıcı olarak kullanılan yüzeyin şekli, fiberlerin morfolojisini önemli ölçüde etkiler (Han vd., 2007).

1.2. Fiberlerin Özelliklerini Etkileyen Faktörler

Elektroeğirme yöntemi oldukça kolay uygulanabilen bir yöntem olsa da polimer içerikli çözelti kullanılarak üretilen nanofiberlerin oluşumunu etkileyen birçok faktör bulunur. Bu faktörler şu şekilde sıralanabilir.

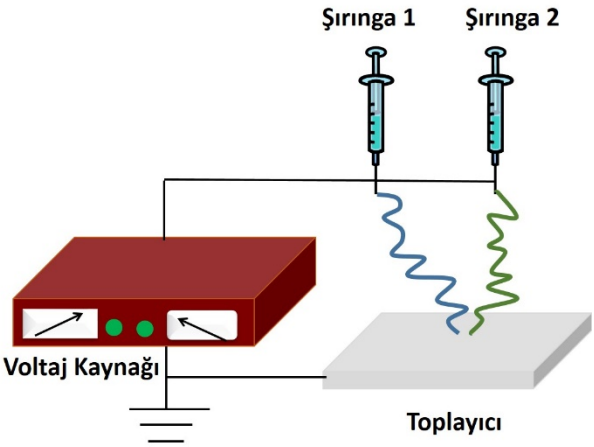
- Çözeltinin özellikleri (viskozite, iletkenlik, yüzey gerilimi)
- Uygulanan voltaj
- Toplayıcı yüzey ile püskürtme iğnesinin ucu arasındaki mesafe
- Çözeltinin akış hızı
- Ortam şartları (sıcaklık ve nem)

Yukarıda sıralanan faktörler üretilen fiberlerin boyunu, yarıçapını, uzunluğunu doğrudan etkileyen faktörlerdir. Ancak bu faktörler arasında en önemlisi çözeltinin viskozitesidir. Uygun viskozite değerinin bulunması, üretilecek olan fiberlerin yapısını doğrudan etkiler. Ayrıca toplayıcı yüzey ile iğne ucu arasındaki mesafe arttıkça oluşan fiberlerin çapı azalır. Bu nedenle üretilmek istenen fiberlerin yapısına göre uygun mesafenin ayarlanması gerekir.

2. ÜÇ BOYUTLU NANOFİBER YAPILAR

Üç boyutlu fiber yapılar pek çok alanda kullanılabilecek potansiyele sahiptir. Günümüzde optoelekronik cihazlardan, doku mühendisliğine kadar birçok alanda üç boyutlu nanofiber yapılar kullanılmaktadır. Elektroeğirme yönteminde yapılacak küçük değişikliklerle verimli bir şekilde üç boyutlu fiber yapılar üretmek mümkündür. Ardışık çok tabakalı elektroeğirme yöntemi kullanılarak üç boyutlu fiberler üretilebilir. Bu yöntemde tabakalar toplayıcı yüzey üzerine kat kat biriktirilir. Ardışık elektroeğirme yöntemi kullanılarak düzenli ya da düzensiz iki boyutlu gözenekli fiberler üretilebilir. Geleneksel elektroeğirme yöntemindeki eğirme süresi uzatılarak,

fiberlerin kalınlıkları artırılabilir. Böylece mikron ölçeğinde üç boyutlu yapılar üretilebilir. Özellikle iki farklı malzeme kullanılarak üç boyutlu membran şeklinde yapılar üretilmek istendiğinde, ardışık elektroeğirme yöntemi tercih edilir. Şekil 4' te gösterilen ardışık elektroeğirme sistemi kullanılarak, üç boyutlu fiberler üretilebilir. İki ayrı şırıngaya doldurulan farklı çözeltiler, dönüşümlü şekilde elektroeğirme yapılarak toplayıcı yüzey üzerinde tabakalar oluşturulabilir.



Şekil 4. Ardışık elektroeğirme yöntemi

Ancak ardışık elektroeğirme süreci oldukça uzundur. Bu süre boyunca yüksek voltaj uygulaması üretim maliyetini artırır. Diğer bir yöntem ise toplayıcı üzerinde biriken fiberlerin kazınmasıdır. Kazıma işleminden sonra elde edilen fiberlerin şekli bükülerek ya da kaplama yapılarak değiştirilir. Başka bir yöntemde ise üretilmek istenilen fiberlerin şekline uygun bir toplayıcı yüzey kalıbı kullanılarak fiberler üretilir. En son yöntem ise kendiliğinden oluşum tekniğidir. Bu süreçte, moleküller

kendi aralarındaki etkileşimler sayesinde ortam şartlarına bağlı olarak üç boyutlu yapıları oluşturur. Uygun nem, viskozite, sıcaklık gibi şartlar sağlanarak istenilen geometride üç boyutlu fiber yapılar üretilebilir.

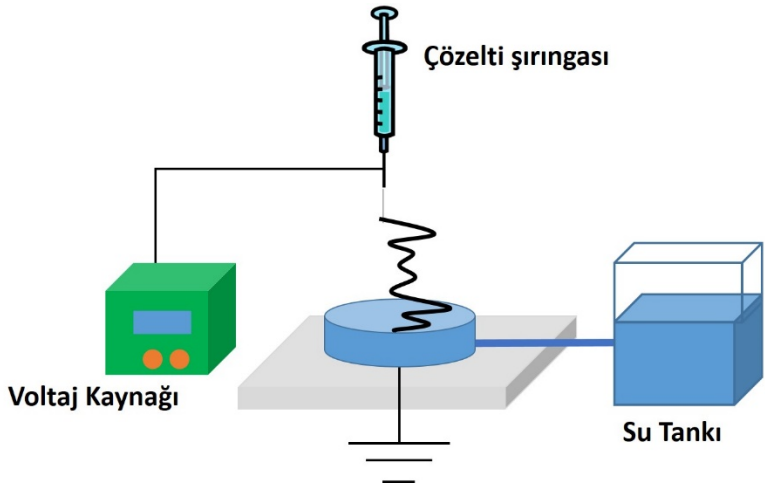
2.1. Elektroeğirme İşlemi Sonrası Oluşan Süreçler

Elektroeğirme işleminin ardından üretilen üç boyutlu fiber yapının şeklini değiştirmek için uygulanan döndürme, katlama gibi yapılan işlemler genellikle elektroeğirme sonrası süreçler olarak adlandırılır. Örneğin üç boyutlu makro yapılar temelde nano ve mikro fiberlerin çift tabaka olarak üretilmesiyle elde edilir. Bu süreç üç aşamada gerçekleşir. İlk olarak mikro fiber yapılar tabaka şeklinde üretilir. Daha sonra nanofiber yapılar mikro ölçekli fiber tabakanın üzerine elektroeğirme yöntemiyle kaplanır. Sonuçta bu iki tabakadan oluşan yapı bükülerek, üç boyutlu fiber ağlar oluşturulur.

2.2. Su Yardımıyla Fiber Biriktirme

Elektroeğirme yöntemiyle üretilen mikro ve nano ölçekli fiberler, oluşturulan bir su girdabı yardımıyla biriktirilir. Bu biriktirme yönteminde toplayıcı yüzey üzerinde deiyonize su ile dolu bir kap bulunur. Yüksek voltaj altında üretilen fiberler bu kabın içindeki deiyonize suyun yüzeyinde birikir. Fiberler su yüzeyinde birikirken, eş zamanlı olarak ayrı bir su tankı içerisindeki suyun bir pompa yardımıyla oluşturduğu girdap etkisi fiberlerin biriktirildiği kaba uygulanır. Böylece deiyonize suyun yüzeyinde, su girdabı etkisiyle fiberler biriktirilir. Elde edilen fiberler alınarak -70 ^{o}C' de soğutulur. Böylece

fiberler üretilmiş olur. Su yardımıyla fiberlerin toplanması süreci şematik olarak şekil 5' te gösterilmiştir.



Şekil 5. Su içerisinde oluşturulan fiberlerin şematik yapısı

2.3. Mekanik Toplayıcı Kullanarak Fiber Biriktirme

Üç boyutlu fiberler bir kalıp yardımıyla toplayıcı bir yüzey üzerinde biriktirilebilir. Kullanılacak kalıplar mekanik olarak dönen ya da sabit yüzeyler şeklinde tasarlanabilir. Mekanik olarak fiberlerin toplanması ilk olarak Zhang ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Zhang, elektrik alanı ve elektriksel kuvveti kontrol ederek tekli ya da çoklu tüpler yardımıyla farklı boyut ve şekillerde üretim yapmaya çalışmıştır (Zhang ve Chang, 2008). Zhang ve arkadaşları, özellikle biyouyumlu malzemeler üzerinde çalışarak, üç boyutlu biyoaktif bir seramik olan hidroksiapatit tabanlı malzemeleri elektroeğirme yöntemiyle üretmiştir. Ancak ortam şartlarına bağlı

olarak, elektroeğirme yönteminde çeşitli değişiklikler yapılarak üç boyutlu farklı yapıda biyoaktif malzeme üretmek mümkün olabilir.

3. ÜÇ BOYUTLU NANO FİBER YAPILARIN ÜRETİMİ

3.1. Üç Boyutlu Fiberlerin Kendiliğinden Oluşumu

Nano boyutlu malzeme üretiminde kullanılan iki yaklaşım söz konusudur. Bunlar, yukarıdan-aşağıya ve aşağıdan-yukarıya üretim yöntemidir. Kendiliğinden oluşum süreci, aşağıdan-yukarıya üretim yönteminin en önemli temsilcisidir. Bu süreçte, dışarıdan bir müdahale olmadan doğaya uyumlu üç boyutlu fiberler üretilebilir. Bu üretim yöntemi için birkaç yaklaşım söz konusudur. Ancak bu yaklaşımların arasında en öne çıkanlar bal peteği yapısı yaklaşımı ve nanofiber iplik üretimi yaklaşımıdır.

3.1.1. Bal Peteği Yapısı Yaklaşımı

Bu yapılar; kesişen üç ana kol arasındaki açının 120 derece olacak şekilde bir araya gelmesiyle oluşan, mekanik olarak kararlı bal peteği şeklindeki yapılardır. Bal peteği şeklindeki bu yapılar çok çeşitli yüzeyler üzerinde oluşturulabilir. Petek desenli nanofiberleri ilk olarak Deiztel ve arkadaşları polietilen oksit (PEO)/su karışımı bir çözelti kullanarak alüminyum ve kumaş üzerinde ayrı ayrı biriktirmeyi başarmıştır (Deitzel vd., 2001). Bu yapılar, bal peteğinin altıgenlerinin kesiştiği yerlerde 120 derecelik kolların arka arkaya birikerek fiberlerin kendiliğinden oluşmasına dayanır. Şekil 6’ da bal peteği yapıların oluşturduğu fiber ağların şekli şematik olarak gösterilmiştir.

Şekil 6. Bal peteği yapıların oluşturduğu fiber yapılar

Bal peteği yapılar genellikle cam ya da kumaşlar üzerine başarılı bir şekilde biriktirilebilir. Ancak bu yapıların oluşturulmasında ortam şartları oldukça önemlidir. Özellikle ortamın nem oranı yapının oluşmasında etkilidir. Ayrıca kullanılan çözeltinin derişiminin de ayarlanması gerekir. Derişim oranı fazla olduğunda, kendiliğinden oluşum gözlenmezken derişim oranı az olduğunda ise üç boyutlu yapı yerine iki boyutlu yapı oluşur. Bu nedenle uygun derişimin ayarlanması gerekir. Nem ve derişim, bal peteği yapısının oluşmasında en önemli faktörler arasında olsa da, yüzey gerilimi ve elektrostatik itmede yapının oluşmasında önemli rol oynayan faktörler arasında sıralanabilir.

3.1.2. Nanofiber İplikler

Üç boyutlu fiber yapıların uygulamasında nanofiber ipliklerin kullanımı oldukça dikkat çekici bir konudur. Aynı yarıçaplı küçük nanofiberler, oldukça yüksek mekanik dayanıklılığa sahiptir. Ancak bu nanofiber ipliklerin fiber yapılar içerisinde düzenlenmesi oldukça

zordur. Nanofiber iplikler özellikle dayanıklılık gerektiren giysilerde, filtrelerde ve çeşitli kompozitlerde kullanılabilir. Dikkatli bir şekilde üretimi yapılan iplikler, özellikle dokuma sektöründe kullanılabilir. Üç boyutlu fiber ipliklerin dokuma sektöründe kullanımı oldukça eskiye dayanır. Ancak nanoteknlojinin gelişmesiyle birlikte; nanofiberler, polimerlerle birleştirilerek özellikle biyomedikal uygulamalarda, algılayıcılarda, filtrelerde kullanılan bir malzeme konumuna gelmiştir (Zhou ve Gong, 2008). Elektroeğirme yöntemiyle üretilen iplikler dönen merdane şeklinde silindirik bir toplayıcı kullanılarak üretilebilir. Elektroeğirme şırıngasından çıkan çözelti karşı tarafta dönen merdane şeklindeki silindirik toplayıcı üzerinde biriktirilir. Böylece merdane üzerinde ipliklerden oluşan bir topak oluşur. Oluşan bu topak çeşitli uygulamalarda kullanılabilir.

3.2. Üç Boyutlu Fiberlerin Uygulamaları

Üç boyutlu fiber ağ yapıların gözenek boyutları ve yüzey alanları, iki boyutlu fiber yapılara göre oldukça fazladır. Bu üç boyutlu fiber yapılar sahip oldukları yüksek biyouyumluluk özellikleri sayesinde doku mühendisliği, damar nakli ve kemik yenilenmesi gibi çeşitli biyolojik uygulamalarda kullanılır. Ayrıca inorganik malzemeler ile kompozit yapıldığında, güneş pillerinde ve lityum iyon pillerde kullanılabilecek önemli bir malzeme konumuna gelebilir.

3.2.1. Sinir Hücrelerinin Yenilenmesi ve Büyümesinde Kullanımı

Yapılan bazı çalışmalar göstermiştir ki üç boyutlu mikro ya da nanofiber ağlar büyük iç yüzey alanları ve yüzeysel morfolojileri sayesinde hücrelerin bir yüzeye bağlanmasını ve yayılmasını önemli ölçüde geliştirebilir (Park vd., 2008). Özellikle üç boyutlu fiber ağlar; hücrelerin hizalanmasını ve direk hücre göçünü geliştirmekle kalmaz, ayrıca hücrenin dışarıda büyümesine olanak sağlar. Badrossamay ve arkadaşları polilaktik asit (PLA) tabanlı, sıralı fiberler üretmiştir. Ürettikleri bu fiberleri yeni doğan sıçanların kalp kası yapısını taklit edecek biyouyumlu üç boyutlu fiber haline dönüştürmeye çalışmışlardır (Badrossamay vd., 2010).

3.2.2. Damar Nakli Uygulamalarında Kullanımı

Tek ya da çok tabakalı fiberlerin yönelimlerini kontrol ederek, onları damar nakli uygulamalarında kullanmak mümkün olabilir. Üç boyutlu fiberler, sadece yönelime bağlı olarak mekanik özellikleri değişen yapılar değildir. Ayrıca bu yapılar üzerlerine hücre eklenerek, hücrelerin istendik yönelimini sağlayacak potansiyele de sahiptir. Wang ve arkadaşları fiber liflerden oluşan damar yapısı üretmiş ve ürettikleri yapının dayanıklılığını 1596 mmHg olarak ölçmüşlerdir (Wang vd., 2009). Ölçülen bu değer, üretilen yapının kan damarlarında kullanılabilecek uygun özelliğe sahip olduğunu göstermektedir. Nanofiberler, bütün bu uygulamaların dışında kemik yenilenmesinde, deri dokusu üretiminde kullanılabilecek oldukça yüksek potansiyele sahip malzemelerdir. Elektroeğirme yöntemiyle üretilecek biyouyumlu

malzemeler sayesinde, biyolojik alanda kullanılabilecek pek çok yeni ürün üretmek mümkün olacaktır.

3.2.3. Enerji Dönüşümü ve Depolama Uygulamalarında Kullanımı

Üç boyutlu fiber yapılar son yıllarda güneş pillerinde ve lityum iyon pillerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle farklı malzemelerle kompozit yapılarak, boya duyarlı güneş pillerinin fotoanotlarında ve lityum iyon pillerde kullanılabilir. Elektroeğirme yöntemiyle, iletken bir alt taban üzerine malzeme kaplaması yapılarak daha verimli pillerin üretilmesi amaçlanmaktadır. Elektroeğirme yöntemiyle üretilen fiberler, lityum iyon pillerde lityum difüzyonunu artırır. Böylece pilin verimi önemli ölçüde gelişir. Elektroeğirme yöntemiyle düşük maliyetli yüksek kaliteli malzeme üretimi yapıldığından, hem pil verimi artmış olur hem de üretim maliyeti düşürülmüş olur.

Son yıllarda güneş pili üretiminde özellikle boya duyarlı ve kuantum nokta duyarlı güneş pilleri üretilmeye başlanmıştır. Bu güneş pillerinde fotoanot malzemesi olarak genellikle TiO_2 kullanılmaktadır. Ancak tüm çabalara rağmen TiO_2' nin verimi istenilen seviyeye çıkamamıştır. Bu nedenle TiO_2' nin farklı malzemelerle kompozit yapılarak, fotokatalitik özelliklerinin geliştirilmesi gerekir. Son yıllarda grafen katkılı malzemeler üretilerek güneş pillerinin verimleri artırılmaya çalışılmıştır. Elektroeğirme yöntemi kullanılarak TiO_2-grafen kompozit yapılar üretilmiştir (Fujihara vd., 2007; Song vd., 2004). Üretilen TiO_2 fiberlerin arasına elektroeğirme yöntemiyle

doğrudan grafen eklenerek, hızlı elektron taşınımı sağlanmaya çalışılmış ve pil verimi önemli ölçüde artırılmıştır. Ayrıca elektroeğirme yöntemi dışında kullanılan diğer yöntemlerle üretilen kompozitlerde, grafen yığılması gözlendiğinden oluşan bu yığılma pil verimini düşürür. Ancak elektroeğirme yönteminde bu yığılma söz konusu olmadığından elektroeğirme yöntemi sayesinde daha verimli güneş pilleri üretmek mümkün olacaktır.

4. SONUÇ

Nanofiberler sağlık, elektronik, tekstil gibi birçok alanda kullanılabilecek potansiyele sahip malzemelerdir. Ancak bu malzemelerin üretiminde kullanılacak yöntem seçimi hem maliyet hem de verim açısından düşünüldüğünde oldukça önemli bir faktördür. Günümüzde pek çok yöntem kullanılsa da bunların arasında elektroeğirme yöntemi son yıllarda öne çıkan bir tekniktir. Bu yöntem özellikle daha karmaşık fiberlerin üretiminde kullanılmaktadır. Ancak üretilen fiberlerin çapları, gözenek dağılımı, yönelimleri, tekrarlanabilir olmaları gibi özelliklerinin geliştirilmesi gerekir. Elektroeğirme yönteminin en büyük dezavantajı üretilen fiberlerin morfolojisini etkileyen faktörlerin sayısının çokluğudur. İstenilen özellikte fiber üretimi için; voltaj, viskozite, nem, sıcaklık, deney düzeneği gibi birçok faktörün ayarlanması gerekir. Ancak üretimin hızlı olması, maliyetin nispeten düşük olması ve istenilen özellikte fiber üretimini sağlaması, elektroeğirme yönteminin diğer yöntemler arasında öne çıkmasını sağlamıştır. Özellikle son yıllarda elektroeğirme yöntemi kullanılarak

üretilen güneş pillerinde, lityum iyon pillerde ve doku mühendisliği gibi alanlarda önemli başarılar sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

Badrossamay, M. R., McIlwee, H. A., Goss, J. A., ve Parker, K. K. (2010). Nanofiber assembly by rotary jet-spinning. *Nano Letters*, *10* (6), 2257-2261.

Cheng, Z., Cao, J., Kang, L., Luo, Y., Li, T., ve Liu, W. (2018). Novel transparent nano-pattern window screen for effective air filtration by electrospinning. *Materials Letters*, *221*, 157-160.

Deitzel, J. M., Kleinmeyer, J., Harris, D., ve Tan, N. B. (2001). The effect of processing variables on the morphology of electrospun nanofibers and textiles. *Polymer*, *42*(1), 261-272.

Formhals, A. (1934). Process and apparatus for preparing artificial threads. US Patent, 1975504. *vol*, *1*, 7.

Fujihara, K., Kumar, A., Jose, R., Ramakrishna, S., ve Uchida, S. (2007). Spray deposition of electrospun TiO_2 nanorods for dye-sensitized solar cell. *Nanotechnology*, *18* (36), 365709.

Han, T., Reneker, D. H., ve Yarin, A. L. (2007). Buckling of jets in electrospinning. *Polymer*, *48* (20), 6064-6076.

Huang, Z.-M., Zhang, Y.-Z., Kotaki, M., ve Ramakrishna, S. (2003). A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites. *Composites Science and Technology*, *63* (15), 2223-2253.

Keirouz, A., Fortunato, G., Zhang, M., Callanan, A., ve Radacsi, N. (2019). Nozzle-free electrospinning of Polyvinylpyrrolidone/Poly (glycerol sebacate) fibrous scaffolds for skin tissue engineering applications. *Medical Engineering ve Physics*.

Kumar, M., Lee, Y. H., Kim, M. S., Jeong, D. I., Kang, B. K., ve Yoon, D. H. (2018). Morphology-controlled synthesis of 3D flower-like $NiWO_4$ microstructure via surfactant-free wet chemical method. *Journal of Alloys and Compounds*, *753*, 791-798.

Lee, J., Jang, J., Oh, H., Jeong, Y. H., ve Cho, D.-W. (2013). Fabrication of a three-dimensional nanofibrous scaffold with lattice pores using direct-write electrospinning. *Materials Letters*, *93*, 397-400.

Lu, F., Wang, J., Chang, Z., ve Zeng, J. (2019). Uniform deposition of Ag nanoparticles on ZnO nanorod arrays grown on polyimide/Ag nanofibers by electrospinning, hydrothermal, and photoreduction processes. *Materials & Design*, *181*, 108069.

Madhavan, A. A., Kalluri, S., Chacko, D. K., Arun, T., Nagarajan, S., Subramanian, K. R., Nair, A. S., Nair, S. V., ve Balakrishnan, A. (2012). Electrical and optical properties of electrospun TiO_2-graphene composite nanofibers and its application as DSSC photo-anodes. *RSC Advances*, *2*(33), 13032-13037.

Ng, R., Zang, R., Yang, K. K., Liu, N., ve Yang, S.-T. (2012). Three-dimensional fibrous scaffolds with microstructures and nanotextures for tissue engineering. *RSC Advances*, *2*(27), 10110-10124.

Okabe, T., Maebashi, H., ve Taniguchi, J. (2019). Ultra-violet nanoimprint lithography-compatible positive-tone electron beam resist for 3D hybrid nanostructures. *Microelectronic Engineering*, *213*, 6-12.

Park, S. H., Kim, T. G., Kim, H. C., Yang, D.-Y., ve Park, T. G. (2008). Development of dual scale scaffolds via direct polymer melt deposition and electrospinning for applications in tissue regeneration. *Acta Biomaterialia*, *4* (5), 1198-1207.

Qin, Z., Jia, X.-W., Liu, Q., Kong, B., ve Wang, H. (2019). Fast dissolving oral films for drug delivery prepared from chitosan/pullulan electrospinning nanofibers. *International Journal of Biological Macromolecules*, *137*, 224-231.

Rad, Z. P., Mokhtari, J., ve Abbasi, M. (2019). Calendula officinalis extract/PCL/Zein/Gum arabic nanofibrous bio-composite scaffolds via suspension, two-nozzle and multilayer

electrospinning for skin tissue engineering. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 530-543.

Sarwar, Z., Krugly, E., Danilovas, P. P., Ciuzas, D., Kauneliene, V., ve Martuzevicius, D. (2019). Fabrication and characterization of PEBA fibers by melt and solution electrospinning. *Journal of Materials Research and Technology*, *8* (6), 6074-6085.

Shin, Y., Hohman, M., Brenner, M. P., ve Rutledge, G. (2001). Electrospinning: A whipping fluid jet generates submicron polymer fibers. *Applied Physics Letters*, *78*(8), 1149-1151.

Song, M. Y., Kim, D. K., Ihn, K. J., Jo, S. M., ve Kim, D. Y. (2004). Electrospun TiO_2 electrodes for dye-sensitized solar cells. *Nanotechnology*, *15* (12), 1861.

Taylor, G. I. (1964). Disintegration of water drops in an electric field. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*, *280* (1382), 383-397.

Taylor, G. I. (1969). Electrically driven jets. *Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences*, *313* (1515), 453-475.

Wang, S., Zhang, Y., Wang, H., Yin, G., ve Dong, Z. (2009). Fabrication and properties of the electrospun polylactide/silk fibroin-gelatin composite tubular scaffold. *Biomacromolecules*, *10* (8), 2240-2244.

Zhang, D., ve Chang, J. (2008). Electrospinning of three-dimensional nanofibrous tubes with controllable architectures. *Nano Letters*, *8* (10), 3283-3287.

Zhou, F., ve Gong, R. (2008). Manufacturing technologies of polymeric nanofibres and nanofibre yarns. *Polymer International*, *57*(6), 837-845.

Zhu, P., Nair, A. S., Shengjie, P., Shengyuan, Y., ve Ramakrishna, S. (2012). Facile fabrication of TiO2–graphene composite with

enhanced photovoltaic and photocatalytic properties by electrospinning. *ACS Applied Materials & Interfaces*, *4*(2), 581-585.

BÖLÜM 4:

GRAFEN OKSİTİN İNDİRGENME YÖNTEMLERİ

Dr. Mesut YALÇIN[1]

[1]Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Kilis, Türkiye, myalcin@kilis.edu.tr

GİRİŞ

2004 yılında Geim ve Novoselov tarafından tek tabaka grafenin elde edilmesi, grafeni bilimsel çevrelerce önemli bir ilgi odağı haline getirmiştir (Geim, 2009; Novoselov vd., 2004). Grafen iki boyutlu bir kristal yapıya sahip olup ortam koşulları altında kararlıdır. Grafenin dikkate değer önemli özellikleri arasında yüksek Young modülü (~1100 GPa) (Lee, Wei, Kysar, ve Hone, 2008), kırılma gerilimi (125 GPa) (Lee vd., 2008), termal iletkenliği (~5000 $Wm^{-1}K^{-1}$) (Balandin vd., 2008), yük taşınım mobilitesi (200.000 $cm^2 V^{-1} s^{-1}$) (Bolotin vd., 2008) ve özel yüzey alanı (hesaplanan değeri 2630 m^2g^{-1}) (Stoller, Park, Zhu, An, ve Ruoff, 2008) ve buna ilaveten Kuantum Hall etkisi gibi olaylarda gösterdiği sıra dışı taşıma özelliği olarak sıralanabilir (Yuanbo Zhang, Tan, Stormer, ve Kim, 2005). Sahip olduğu bütün bu özellikler dikkate alındığında grafen pek çok alanda kullanılabilecek benzersiz bir malzeme konumuna gelmiştir.

Grafit oksit, grafite benzer tabakalı bir yapıya sahiptir. Ancak grafit oksit içindeki karbon atomlarından oluşan yapı, oksijen içerikli gruplar tarafından yoğun bir şekilde sarmalanmıştır. Grafit oksit içindeki oksijen içerikli gruplar sadece karbon tabakaları arasındaki mesafeyi artırmakla kalmaz aynı zamanda yapı içinde atomik ölçekte kalınlığa sahip suyu seven tabakalar oluşturur. Sonuç olarak bu okside tabakalar su içerisinde titreştirilerek kolayca döktürülebilir. Eğer bu döktürülmüş tabakalar bir ya da birkaç atom kalınlığında karbon tabakaları içeriyorsa bu tabakalar grafen oksit (GO) olarak adlandırılır. Ancak, grafen oksit içerisindeki oksijen içerikli grupların ortadan

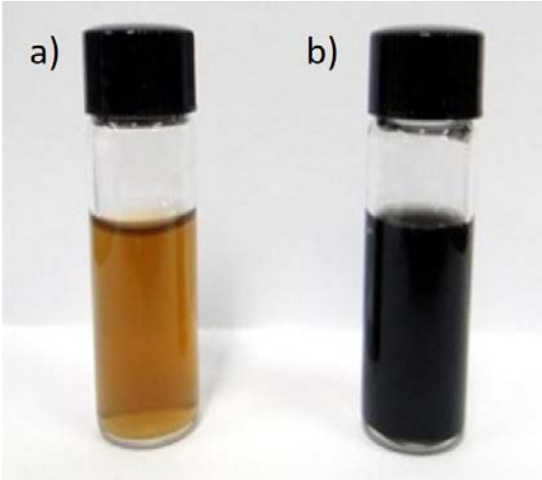
kaldırılması ile grafen benzeri bir yapıya indirgenebilir. Grafen oksitin indirgenmesi ile elde edilen grafen benzeri bu yapı indirgenmiş grafen oksit (rGO) olarak adlandırılır (Pumera, 2013). İndirgenme işleminin temel amacı grafen benzeri yapılar üretmektir. Grafen elde etmek için başlangıçta mekanik döktürme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem yapışkan bir bandın grafit üzerine yapıştırılarak mekanik olarak grafen tabakalarının döktürülmesidir (Novoselov vd., 2004). Ancak bu yöntemle elde edilen grafenin içindeki kusurlar ve fonksiyonel içerikli gruplar yapıyı önemli ölçüde değiştirir. Ancak, indirgeme yönteminin yanı sıra epitaksiyel büyütme ve kimyasal buhar biriktirme yöntemleri kullanılarak ta grafen elde edilebilir (Berger vd., 2006; Eizenberg ve Blakely, 1979). Günümüzde yaygın olarak kullanılan yöntem GO' nun indirgenmesi ile elde edilen rGO' dur. GO' nun indirgenme işlemi, kaliteli bir rGO üretiminin en önemli aşamasıdır. Bu indirgenme sürecinin başarısı, rGO' nun özelliklerini ve bir cihazda kullanıldığında göstermiş olduğu performansı doğrudan etkiler. İndirgenme işleminin başarılı bir şekilde yapılabilmesi için uygun yöntemin seçilmesi ve bu yöntemin aşamalarının bilinmesi son derece önemlidir. Başarılı bir şekilde üretilecek rGO, günümüzde kullanılan pek çok cihazın performansını artıracak etkiyi yaratacaktır. Dolayısıyla indirgenme işleminin başarısı araştırmacılar için üzerinde durulması gereken en önemli konudur. Bu çalışma GO' nun indirgenme yöntemlerini ayrıntılarıyla ele alarak grafen benzeri rGO yapıların üretiminde yöntem seçimi ve uygulaması noktasında önemli bir açığı doldurmaktadır.

1. BAŞARILI BİR İNDİRGEMEYİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

İndirgeme işlemi GO' nun yapısında önemli değişiklikler meydana getirir. Kullanılan farklı indirgeme yöntemleri, yöntemin doğasına bağlı olarak farklı etkiler yaratır. İndirgenme sürecinde bazı etkiler doğrudan gözlenebilirken, bazı etkiler dolaylı yollarla belirlenebilir. GO' nun başarılı bir şekilde rGO' ya indirgenip indirgenmediğini belirleyebilmek için malzemenin görsel özelliklerinde, elektriksel iletkenliğinde ve C/O (karbon atomunun oksijen atomuna oranı) oranındaki değişimlerin incelenmesi gerekir.

1.1. Fiziksel Özellikler

İndirgenme öncesi ve sonrasında GO' da gözle görülür bazı değişiklikler meydana gelir. İndirgeme işlemi GO' nun elektriksel iletkenliğini önemli ölçüde artırır. Yük taşıyıcı derişimi ve hareketliliğin artması gelen ışığın yansımasını artırır. Böylece rGO ile üretilecek bir ince film GO film ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde bir parlaklığa sahip olur. Ayrıca GO, hidrazin gibi bir kimyasal kullanılarak indirgendiğinde ise kahverengi olan rengi siyaha dönüşür. Bu renk değişikliğinin temel sebebi tabakaların yüzeyleri arasındaki polar fonksiyonelliğin azalmasına bağlı olarak malzemenin hidrofobik özelliğinin artmasından kaynaklanır (Stankovich vd., 2007). GO ve indirgenmiş rGO çözeltilerinin renk değişimi şekil 1' de verilmiştir. GO çözeltisi açık kahverengi renkte iken, indirgenme işleminden sonra siyah renge dönüşür. Çözeltideki bu renk değişimi GO' nun başarılı bir şekilde rGO' ya indirgendiğinin en temel göstergesidir.



Şekil 1. a) Grafen oksit (GO) çözeltisi b) indirgenmiş grafen oksit (rGO) çözeltisi

1.2. Elektriksel iletkenlik

GO, yapısındaki kusurlar ve gelişigüzel dağılmış fonksiyonel içerikli gruplar nedeniyle yalıtkandır. GO' nun tabakalar arası direnci yaklaşık 10^{12} Ω/Sq civarındadır (Becerril vd., 2008; Zhao, Pei, Ren, Gao, ve Cheng, 2010a). Ancak GO indirgenerek rGO yapıya dönüştüğünde iletkenliği önemli ölçüde artar. Böylece daha fonksiyonel bir malzeme haline dönüşür. Birkaç tabakalı grafenin tek bir tabakasının direnci (R_s) oda sıcaklığında 400 Ω/Sq değerindedir. Bae ve arkadaşları CVD tekniği kullanarak dört tabakalı grafen üretmiş ve tabaka direncini 30 Ω/Sq olarak ölçmüşlerdir (Bae vd., 2010). İndirgemenin amacı iletkenliğin artırılmasıdır. rGO' nun iletkenliği, kullanılan indirgeme metoduna bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Ayrıca üretilen rGO' nun ince film, toz, tablet, tek tabaka ya da çok

tabakalı olma durumuna göre, rGO' nun iletkenlik ölçüm metodu değişiklik gösterir. Ancak iletkenlik ölçüm metotları değişiklik gösterse de rGO' nun ölçülen iletkenlik değerinin her zaman için GO' nun iletkenlik değerinden büyük olması gerekir. İletkenlik değerinin artması indirgeme işleminin başarılı bir şekilde yapıldığının göstergesidir.

1.3. C/O (Karbon/Oksijen) Atomu Oranı

Sentez metotlarına bağlı olarak kullanılan bileşiklerin yapısına göre, sentezlenen GO' nun C/O oranı genellikle 4:1 ya da 2:1 civarındadır (Hontoria-Lucas, López-Peinado, López-González, Rojas-Cervantes, ve Martin-Aranda, 1995; Jeong vd., 2008). İndirgemeden sonra C/O oranı 12:1 gibi bir değere çıkabilir (Mattevi vd., 2009). Ancak bu artış günümüzde 246:1'e kadar ulaşmıştır (W. Gao, Alemany, Ci, ve Ajayan, 2009). C/O oranı çeşitli elementel analiz teknikleri kullanılarak belirlenebilir. C/O oranındaki artış GO' nun rGO' ya indirgendiğinin en önemli göstergelerinden biridir.

2. İNDİRGEME YÖNTEMLERİ

2.1. Termal Yöntemle İndirgeme

GO sıcaklık etkisiyle indirgenebilir. Sıcaklık kullanılarak yapılan indirgeme işlemi termal indirgeme olarak adlandırılır. Grafen ile ilgili yapılan ilk çalışmalarda, hızlı bir şekilde yüksek sıcaklık (2000 ^{o}C/dak) uygulanarak grafit oksitten grafen döktürülmesi sağlanmıştır (McAllister vd., 2007; Wu vd., 2009). Döktürme mekanizması; grafit oksitin ısıtılması süresince karbon düzlemi içerisindeki fonksiyonel

gruplar arasındaki açıklığın artarak oluşan bu açıklığa aniden genleşen CO ve CO_2 gazlarının dolması sonucu gerçekleşir. Döktürülmüş bu tabakalar artık GO yerine direk olarak grafen olarak adlandırılır. Hızlı bir şekilde yüksek sıcaklık uygulaması sadece grafit oksidi döktürmekle kalmaz aynı zamanda sıcaklığın artması, oksijen içerikli grupları ayrıştırarak fonksiyonelleştirilmiş grafen tabakalarını indirger. Fakat bu yöntem küçük ölçekli grafen tabakaları üretmek için kullanılabilir. Çünkü bu yöntemde, oksijen içerikli fonksiyonel gruplar uzaklaştırılırken, aynı zamanda karbon düzlemindeki karbon atomları da uzaklaşır. Böylece grafen tabakaları küçük parçalara ayrılır. Sonuç olarak karbon düzlemi bozulmaya uğrar. Ayrıca süreç boyunca yayılan CO_2 gazı, grafen tabakalarının yapısını bozan ikincil bir etki oluşturur. Döktürme boyunca grafit oksitin kütlesinin % 30' u kaybedilir. Bütün bu negatif süreçler örgü içerisinde önemli kusurların oluşmasına neden olur (Schniepp vd., 2006). Oluşan bu kusurlar elde edilen grafenin elektrik iletkenliğini önemli ölçüde düşürür.

Diğer alternatif bir yöntem ise sıvı faz içerisinde grafit oksitin döktürülmesidir. Bu yöntemde elde edilen grafen daha büyük yanal boyutlara sahiptir (Zhao, Pei, Ren, Gao, ve Cheng, 2010). Bu yöntemde ısıl işlem süresince asal gaz uygulaması yapılarak döktürme işlemi gerçekleştirilir. Ancak indirgeme işlemi sürerken, yüksek sıcaklıklarda oksijenin aşındırma özelliği önemli ölçüde artar. Bu nedenle ısıl işlem boyunca oksijenin uzak tutulması gerekir. Bu dezavantajın giderilmesi için, ortama H_2 gibi indirgeyici bir gaz eklenerek oksijenin tüketilmesi sağlanabilir. Ayrıca H_2'nin sahip olduğu yüksek indirgeme yeteneği

sayesinde, nispeten daha düşük sıcaklıklarda indirgeme sağlanabilir. Ancak bu yöntemde, C/O oranının artması önemli ölçüde sıcaklığa bağlı olduğundan yüksek sıcaklık kullanılması zorunluluğu maliyeti artıran önemli bir dezavantajdır (Pan, Zhang, Li, ve Wu, 2010).

2.2. Mikro Dalga veya Ultraviyole (UV) Işın Etkisiyle İndirgeme

Termal yolla indirgemede kullanılan ısı etkisi başka yöntemlerle oluşturularak indirgeme işlemi gerçekleştirilebilir. Mikro dalga, ultraviyole (UV) gibi kaynaklar birer ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Son yıllarda mikro dalga kullanılarak indirgeme işleminin yapıldığı bazı çalışmalar rapor edilmiştir (Zhu vd., 2010). Mikro dalga ışımasının geleneksel ısı kaynaklarına göre temel avantajı maddenin her bölgesinin eşit ve hızlı bir şekilde ısıtılmasıdır. GO tozları ticari bir mikro dalga fırın içerisinde bir saat mikro dalga uygulaması yapılarak başarılı bir şekilde rGO hazırlanabilir. Ayrıca GO filmler bir kameranın flaşından çıkan ışınlara benzer şekilde ani bir ışık parlaması kullanılarak ta indirgenebilir. Ancak burada ışık kaynağı ile GO film arasındaki mesafesinin birbirine oldukça yakın (< 2 mm) olması gerekir. Işık kaynağından çıkan ışığın enerjisi bu mesafe için yaklaşık 1 J/cm^2 dir. Bu enerji 100 ^{o}C' de ısıtılan GO için ihtiyaç duyulan termal enerjinin yaklaşık dokuz katıdır. Dolayısıyla bu enerji oksijensizleştirme reaksiyonlarını tetiklemek için gerekli enerjiden daha fazladır. Flaş benzeri ışık ile indirgeme işlemi, ince filmler için kullanılan bir yöntemdir. Ancak indirgeme işleminde ışık kaynağı yerine bir lazer kullanılarak indirgemenin verimi artırılabilir. Lazer

kaynağı istenilen hedefe yoğun bir şekilde uygulanarak istenilen özelliğe sahip rGO filmler üretmek mümkün olabilir (Yonglai Zhang vd., 2010).

2.3. Kimyasal Ajanlarla İndirgeme

Kimyasal ajan kullanılarak yapılan indirgeme işlemi, GO ile kimyasal ajanların reaksiyona girerek indirgeme işleminin oluşmasına dayanır. Genellikle indirgeme işlemi oda sıcaklığında ya da düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Kimyasal indirgeme yöntemi, termal indirgeme yöntemine göre daha az maliyetli olmasının yanı sıra kullanılan cihazların ve ortam şartlarının indirgeme sürecine etkisinin olmaması gibi diğer avantajlara da sahiptir. Bütün bu avantajların yanı sıra elde edilen ürün çok çeşitli uygulamalarda kullanılacak ölçektedir. Grafit oksitin hidrazin kullanılarak indirgenmesi oldukça eski bir yöntemdir. Hidrazin kullanılarak grafen elde etme fikri ilk olarak Stankovich tarafından önerilmiştir. Hidrazin GO' nun indirgenmesinde kullanılabilecek önemli bir kimyasal reaktif olarak kabul edilir. Hidrazin ile indirgeme işlemi GO' nun sulu çözeltisi içerisine hidrazin hidrat, dimetil hidrazin gibi sıvı reaktifler eklenerek yapılır. Oluşturulan çözelti düşük sıcaklıklarda kurutularak siyah renkte rGO elde edilir (Park vd., 2011). Ayrıca, GO' nun tabakaları arasındaki yük durumunu değiştirmek için amonyak ya da çözülebilir farklı sürfaktanlar kullanılarak indirgeme işlemi gerçekleştirilebilir.

Hidrit, sodyum bor hidrit ($NaBH_4$) ve lityum alüminyum hidrit gibi metal hidritler organik kimyada güçlü indirgeme reaktifleri olarak

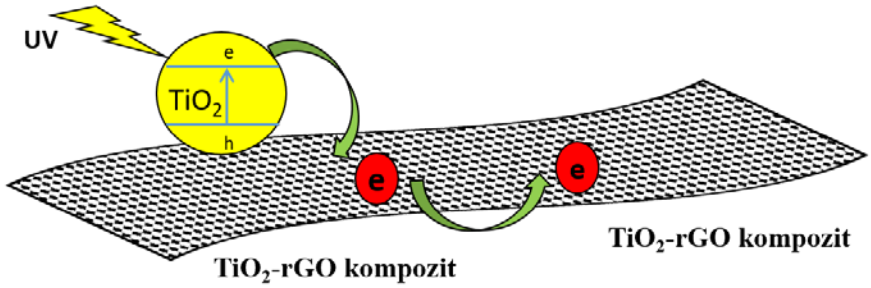
kullanılmaktadır. Fakat bu indirgenlerin su ile güçlü bir reaksiyona girme eğilimleri zayıftır. Oysaki su, GO' nun döktürülmesinde ve parçalanmasında temel çözücüdür. Son zamanlarda $NaBH_4$ kullanılarak GO indirgemesi başarılı bir şekilde yapılmıştır (Shin vd., 2009). $NaBH_4$ su tarafından yavaş hidrolize olsa da kullanım kinetiği yeterince yavaş olduğundan, GO' yu indirgemek için gerekli çözücünün sağlanmasını kolaylaştırabilir. $NaBH_4$, C=O türlerini indirgemede oldukça etkili olsa da indirgeme sonrasında kalan alkol içerikli, epoksi içerikli ve karboksilik asit içerikli grupların miktarını azaltmada nispeten yetersizdir. Gao ve arkadaşları indirgeminin ardından sülfirik asit uygulaması yaparak kalan suyu gidermeyi başarmış ve iletkenliği yüksek rGO elde etmişlerdir (W. Gao vd., 2009).

Askorbik asit (C vitamini) GO' nun indirgenmesi için kullanılan yeni bir reaktiftir. Hidrazinin yerine kullanılabilecek önemli bir alternatif indirgendir. C vitamininin en önemli avantajı hidrazin ve $NaBH_4$' e göre zehirsiz olmasıdır. Günümüzde pek çok çalışma grubu C vitamini kullanarak GO' nun indirgenmesini başarmış ve verimi yüksek rGO yapılar üretmişlerdir (Li vd., 2014). Bütün bu indirgeme ajanlarının dışında farklı ajanlar kullanılarak rGO sentezi yapılmışsa da istenilen verim sahip malzeme sentezi yapılamamıştır.

2.4. Fotokataliz Yöntemle İndirgeme

Bu yöntemde GO bir fotokatalizör yardımıyla indirgenir. Fotokatalizör olarak TiO_2 kullanılır. Williams ve arkadaşları UV ışını altında TiO_2 parçacıkları yardımıyla GO' nun indirgenmesini

başarmışlardır (Williams, Seger, ve Kamat, 2008). Hidrazin ya da benzeri ajanlarla indirgeme işlemi yapılırken, GO üzerinde birikmiş olan fonksiyonel gruplar hidrazin yardımıyla uzaklaştırılarak GO' nun indirgenmesi sağlanır. UV indirgeme yönteminde ilk olarak TiO_2 ile GO' nun karışımından oluşan bir süspansiyon üretilir. Ardından bu süspansiyon belli zaman aralıklarında UV ışınına maruz bırakılarak, GO' nun rGO' ya indirgenmesi sağlanır. Bu indirgenme sürecinde TiO_2 süspansiyonu UV ışını ile aydınlatıldığında bir yük ayrımı (elektron-boşluk) oluşur. Ayrılan elektronlar TiO_2' nin yüzeyinde toplanır. Toplanan bu elektronlar bir elektron alıcısı olan GO tabakaları tarafından süpürülür, süpürülen bu elektronlar GO yüzeyi üzerindeki fonksiyonel gruplar ile reaksiyona girerek GO' nun indirgenmesini sağlar. Bu sayede hem GO indirgenmiş olur hem de TiO_2-rGO kompozit yapılar direk sentezlenmiş olur. İndirgenme süreci şekil 2' de şematik olarak gösterilmiştir. Yapı içesindeki TiO_2 atomları UV ile uyarıldığında TiO_2' nin uyarılması sonucu oluşan elektronlar GO' yu indirgeyerek rGO' yu oluştururken eş zamanlı olarak TiO_2-rGO kompozit yapıda üretilmiş olur. UV ile indirgenme yöntemi hem kompozit üretme açısından hem de indirgenme işleminin istenilen zamanda başlatılmasını sağlaması açısından oldukça avantajlı bir yöntemdir (Kamat, 1993; Williams vd., 2008). Ayrıca, TiO_2-rGO kompozit yapılar özellikle boya duyarlı ve kuantum nokta duyarlı güneş pillerinde kullanıldıklarından, UV ile indirgeme yöntemi güneş pili uygulamaları için önemli bir avantaj sağlar.

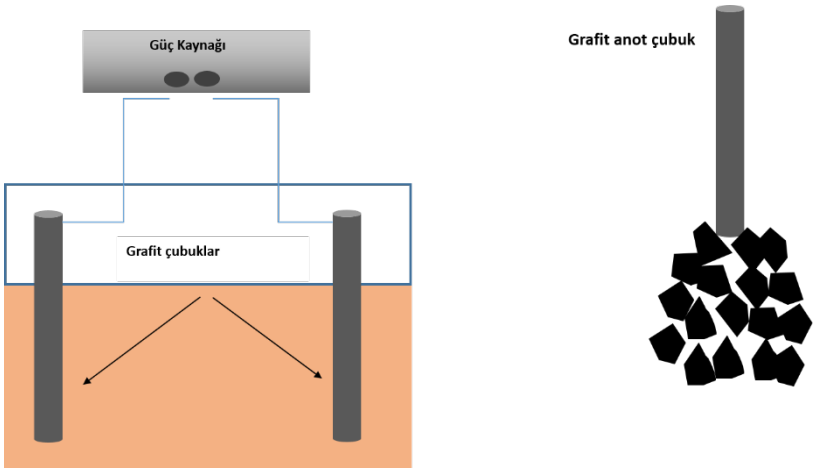


Şekil 2. TiO_2-rGO kompozit ve UV ile indirgenmenin başlatılması süreci

2.5. Elektrokimyasal Yöntemle İndirgeme

GO' nun indirgenmesinde kullanılan bir diğer yöntem elektrokimyasal indirgeme yöntemidir. Bu yöntemde GO yüzeyinde bulunan oksijen içerikli fonksiyonel gruplar elektrokimyasal olarak uzaklaştırılır. GO' nun elektrokimyasal indirgenmesi oda sıcaklığında sulu bir tampon çözelti kullanılarak, çözeltiye uygulanan voltaj yardımıyla gerçekleştirilir (Park ve Ruoff, 2009). İndirgenme için özel bir kimyasal ajana ihtiyaç yoktur. Bu yöntemin temeli, GO ile elektrot arasındaki elektron değişimine dayanır. Yöntemin en önemli avantajı hidrazin gibi zehirli bir indirgenme ajanının kullanılmamasıdır. İndirgeme işleminin başlatılması için öncelikle bir tampon çözelti içerisine ticari olarak satın alınan grafit çubuklar daldırılarak anot ve katot elektrotlar oluşturulur. Bir iletken yardımıyla çubuklar voltaj kaynağına bağlanır. Çözeltiye 10-20 volt aralığında voltaj uygulanır. Voltajın etkisiyle grafen tabakalar grafit anot üzerinde birikir (Park ve Ruoff, 2009). Böylece indirgenme işlemi gerçekleşmiş olur.

Elektrokimyasal yöntemle rGO üretimi şematik olarak şekil 3' te gösterilmiştir.



Şekil 3. Elektrokimyasal yöntemle GO' nun indirgenmesi

2.6. Hidrotermal Yöntemle İndirgeme

GO' nun indirgenme sürecinde kullanılan yöntemlerin neredeyse tamamı, sulu bir çözelti içerisinde çeşitli indirgenme ajanları kullanılarak GO' nun indirgenmesini amaçlar. Ancak hidrofobik yapıdaki grafenin sulu çözelti içinde oldukça güçlü bir şekilde topaklaşma eğilimi göstermesi, son derece önemli bir problemdir (Zhou, Bao, Tang, Zhong, ve Loh, 2009). GO' nun indirgenme süresince, konjuge ağın ve elektriksel iletkenliğin korunması gerekir. Topaklaşmayla beraber grefen tabakaları üzerine yerleşen epoksi, hidroksi ve karbonil grupları ile diğer atomik ölçekli örgü kusurları grafenin elektronik yapısını bozar. Bu kusurlar birer güçlü saçılma merkezleri görevi üstlenerek grafenin elektrik iletkenliğini ve ışık

geçirgenliğini önemli ölçüde etkiler (Nethravathi ve Rajamathi, 2008). İndirgenme süreci boyunca, topaklaşmanın oluşmadığı ve zehirli kimyasal ajanların kullanılmadığı daha temiz bir indirgenme yönteminin kullanılması gerekir.

Kritik bir sıcaklığa kadar ısıtılmış süper kritik su hidrotermal koşullar altında bir indirgenme ajanı olarak kullanılabilir. Ayrıca süper kritik suyun fizikokimyasal özellikleri sıcaklık ve basınç altında değiştirilebilir. Değişen bu özellikler su içindeki iyonik bağların koparılmasını tetikler. Hidrotermal süreç, karbonhidrat moleküllerinin önemli ölçüde dönüşümünü sağlayarak homojen karbon nano tabakaların veya nanotüplerin oluşmasını sağlar. Süper kritik su indirgeme süreci boyunca GO üzerindeki fonksiyonel grupları ortadan kaldırmakla kalmaz aynı zamanda karbon örgü içindeki aromatik yapıların iyileştirilmesini de sağlar (Zhou vd., 2009). Hidrotermal yöntemle yapılan indirgemenin kimyasal indirgemeye göre bazı avantajları söz konusudur. Bu avantajlar;

- Basit bir otoklav kullanılarak işlemin gerçekleşmesi
- Bir seferde büyük ölçekli üretilebilir olması
- İndirgeme işleminde hidrazin benzeri zehirli ajanların kullanılmaması
- Süper kritik su sayesinde konjuge ağ ve kusurların iyileştirilmesi (Stankovich vd., 2007).

şeklinde sıralanabilir. Hidrotermal yöntemde reaksiyonlar ağzı kapalı paslanmaz çelik otoklavlar içerisinde gerçekleşir. Çözelti önce teflon

kaplara doldurulur ardından otoklavlara yerleştirilir. Yüksek basınç altında sıcaklığı kritik bir seviyeye ulaşan su, bir indirgeme ajanı olarak görev yapar. Hidrotermal süreçte kullanılan otoklavların ve teflon kabın görüntüsü şekil 4' te verilmiştir.

Şekil 4. Hidrotermal süreçte kullanılan otoklav ve teflon kap

2.7. Aşamalı İndirgeme Yöntemi

İndirgenme işlemi çoğunlukla tek adımda gerçekleşen bir süreçtir. Ancak indirgeme işleminin verimini artırmak ve daha fonksiyonel ürünler elde etmek için aşamalı indirgeme süreci önerilmiştir. Sadece bir indirgeme ajanı, bütün oksijen içerikli fonksiyonel grupları uzaklaştırmak için yeterli olmaz. Uzaklaştırma sürecinde tek bir indirgeme ajanı kullanmak yerine birden fazla indirgeme ajanı kullanılarak indirgeme verimi artırılabilir (Eda, Fanchini, ve Chhowalla, 2008). Kullanılan her bir ajanın özelliği farklı olacağından indirgeme işlemi çok sayıda kullanılan ajan sayesinde daha verimli bir şekilde yapılır. Gao ve arkadaşları üç adımlı bir indirgeme

yöntemi önermiştir. Onlara göre öncelikle $NaBH_4$ ile oksijensizleştirme, sülfürik asit ile suyun giderilmesi ve ardından termal olarak kurutma işlemi yapılmalıdır. Yapılan $NaBH_4$ uygulaması ile öncelikle ketonlar ve çoğunlukla alkol grupları uzaklaştırılır. Ardından 180 ^{o}C' de sülfürik asit derişimi kullanılarak suyun uzaklaştırılması sağlanır. Daha sonra ise kalan alkol grupları, alken formuna dönüşerek sp^2 karbon konjugasyonuna dâhil olur. En son adımda ise Ar/H_2 ortamında 1100 ^{o}C' de 15 dakika ısıl işlemden geçirilerek kurutulur. Böylece yüksek kalitede rGO sentezlenmiş olur.

2.8. Bakteriler Yardımıyla İndirgeme

GO' nun indirgenme yöntemleri arasında son yıllarda araştırılan bir konuda bakteri tabanlı bir indirgenmenin olup olmayacağının araştırılmasıdır. Salas ve arkadaşları Shewanella türü bir bakterinin GO' yu indirgeyip indirgemediğini araştırmıştır (Salas, Sun, Lüttge, ve Tour, 2010). Shewanella türü bakteriler heterotrof oksijensiz solunum yapan bir bakteri türüdür. Shewanella türü bakteriler çoğunlukla göl ve denizlerin diplerinde, hidrotermal ağızlarda, çeşitli balık türlerinde ve bozulmuş besinlerde bulunur. Bu bakterilerin sahip olduğu solunum yolları birer elektron toplayıcı terminali görevi yapar. Bu terminal büyük oranda organik ve inorganik bileşiklerin büyük ölçekli dizilimi ile oluşur (Hau ve Gralnick, 2007). Yapı içerisinde oksijene ilaveten arsenat, krom oksit, uranyum oksit, demir oksit, manganez oksit ve gümüş oksit de bulunur. Bunların arasında krom ve uranyum zehirlidir. Ancak Shewanella onların çözünmeyen yapılarını indirgeyerek onları

çözeltiden uzaklaştırır. Dolayısıyla Shewanella türü bakteriler GO' nun indirgenmesinde de kullanılabilir. Salas ve arkadaşları GO içerisine ekilen Shewanella bakterisinin solunum yaparak GO' nun indirgenmesine yardımcı olduğunu göstermiştir.

3. İNDİRGEME SÜRECİNDE GERÇEKLEŞEN OLAYLAR

GO' nun indirgenmesinde çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Ancak indirgenmenin temel amacı GO yüzeyi üzerindeki oksijen içerikli fonksiyonel grupların uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Ancak bu uzaklaştırma işlemi sürerken aynı zamanda örgü kusurlarının da iyileştirilmesi gerekir. Hangi yöntemin bütün beklentilere cevap verdiği sorusu ise güncelliğini korumaktadır. Ancak indirgenme sürecinin daha iyi anlaşılması şüphesiz kullanılacak yöntemin doğru tercih edilmesinde anahtar rol oynamaktadır.

GO düzlemi içerisindeki yapısal kusurlar ve fonksiyonel gruplar GO' nun yapısını önemli ölçüde değiştirir. Bu yapısal değişiklikler iletkenliği ciddi oranda düşürür. GO' nun indirgenmesinde temelde iki amaç söz konusudur. Bunlar fonksiyonel grupların uzaklaştırılması ve kusurların giderilmesidir. Ancak kusurlar giderilirken, GO' nun konjüge yapısının bozulmaması gerekir.

3.1. Fonksiyonel İçerikli Grupların Uzaklaştırılması

Tek tabaka grafenin iletkenliği karbon düzlemindeki elektron taşınımı ile ilgilidir. Düzleme eklenen fonksiyonel içerikli gruplar iletkenliği doğrudan etkiler. Ancak iletkenlik, fonksiyonel içerikli

grupların karbon düzlemine bağlandığı yere göre değişir. Eğer fonksiyonel gruplar düzlemin kenarlarına bağlanmış ise iletkenlik bu durumdan daha az etkilenir. İndirgemenin amacı fonksiyonel içerikli grupları uzaklaştırmaktır. Ancak fonksiyonel grupların düzlemin kenarlarına bağlanması yüzey alanını artırarak bazı uygulamalarda avantaj sağlayabilir.

3.2. Oksijensizleştirme

İndirgenmenin en temel amaçlarından biri de karbon düzlemi içerisindeki oksijen içerikli grupların uzaklaştırılmasıdır. Uzaklaştırma işlemi termal yolla olacağı gibi kimyasal yöntem kullanılarak ta yapılabilir. Yapı içerisinde çok sayıda hidroksil içerikli gruplar bulunur. Bu gruplar termal yolla uzaklaştırılabilir. Bu grupların uzaklaştırılması için kritik sıcaklık 650 ^{o}C' dir (X. Gao, Jang, ve Nagase, 2009). Bu sıcaklığın üzerine çıkıldığında hidroksil grupları uzaklaştırılabilir. Ancak sıcaklığın artması üretim maliyetini önemli ölçüde artırır. Bu nedenle uzaklaştırma işlemi yaparken kimyasal yöntemler tercih edilir. Kimyasal yöntemin önemli avantajı düşük sıcaklıklarda kimyasal ajanlar yardımıyla gerçekleşmesidir. Bu yöntemde çoğunlukla hidrazin, $NaBH_4$ tercih edilse de son yıllarda C vitamini ve glikoz kullanılarak ta indirgeme yapılmıştır. Fonksiyonel grupların uzaklaştırılıp uzaklaştırılmadığı fourier dönüşüm kızılötesi (FTIR) analizi yapılarak kolay bir şekilde belirlenebilir. Ancak indirgenmenin temel amacı fonksiyonel grupları uzaklaştırmak olsa da yapılan bütün işlemlerin konjugasyonu bozmaması ve kusurları gidermesi gerekir. Fonksiyonel

içerikli gruplar ve kusurlar GO' nun iletkenliğini önemli ölçüde etkiler. Fonksiyonel gruplar çeşitli yöntemlerle nispeten kolay uzaklaştırılsa da, kusurların düzeltilmesi oldukça zordur. Kenar bölgelere yerleşen fonksiyonel grupların etkisi az olsa da yapı üzerinden uzaklaştırılması güçtür. Ancak indirgenme sürecinde yapı içerisinde önemli oranda kusur oluşur. Uygun indirgeme yönteminin seçilmesi son derece önem arz eder. Bu kusurlar katkılama yapılarak giderilebilir. Bu nedenle son yıllarda grafen tabakalar içerisine farklı malzemeler katkılanarak kusurların azaltılması ve daha yüksek verime sahip malzemelerin üretilmesi amaçlanmaktadır.

4. SONUÇ

Grafenin keşfedilmesinden sonra; özellikle malzeme, fizik ve elektronik alanında çalışan bilim adamları açısından sıra dışı gelişmeler yaşanmaya başlamıştır. Çünkü grafenin sahip olduğu benzersiz özellikler onu pek çok alanda kullanılabilecek bir malzeme konumuna getirmiştir. Günümüzde güneş pilleri, diyotlar, algılayıcılar, transistörler gibi çeşitli alanlarda grafen tabanlı elektronik cihazlar üretilmekte ve üretilen bu cihazların verimleri de önemli ölçüde artmaktadır. Ancak grafenin büyük ölçekli sentezi ve ideal koşullarda kullanımının sağlanması için en önemli aşama hiç şüphesiz üretim aşamasıdır. Grafen, çoğunlukla grafen oksitin indirgenmesiyle elde edilir. Günümüzde çok çeşitli indirgeme yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak amacına uygun yöntemin seçilmesi ve indirgenme aşamalarının bilinmesi grafen sentezinin en önemli aşamasıdır. Dolayısıyla bu

çalışma indirgenme yöntemlerini ve aşamalarını ayrıntılarıyla açıklayan önemli bir çalışmadır.

KAYNAKLAR

Bae, S., Kim, H., Lee, Y., Xu, X., Park, J.-S., Zheng, Y. (2010). Roll-to-roll production of 30-inch graphene films for transparent electrodes. *Nature Nanotechnology*, *5* (8), 574.

Balandin, A. A., Ghosh, S., Bao, W., Calizo, I., Teweldebrhan, D., Miao, F., ve Lau, C. N. (2008). Superior thermal conductivity of single-layer graphene. *Nano Letters*, *8* (3), 902-907.

Becerril, H. A., Mao, J., Liu, Z., Stoltenberg, R. M., Bao, Z., ve Chen, Y. (2008). Evaluation of Solution-Processed Reduced Graphene Oxide Films as Transparent Conductors. *ACS Nano*, *2* (3), 463-470.

Berger, C., Song, Z., Li, X., Wu, X., Brown, N., Naud, Marchenkov, A. N. (2006). Electronic confinement and coherence in patterned epitaxial graphene. *Science*, *312* (5777), 1191-1196.

Eda, G., Fanchini, G., ve Chhowalla, M. (2008). Large-area ultrathin films of reduced graphene oxide as a transparent and flexible electronic material. *Nature Nanotechnology*, *3* (5), 270.

Eizenberg, M., ve Blakely, J. (1979). Carbon monolayer phase condensation on Ni (111). *Surface Science*, *82* (1), 228-236.

Gao, W., Alemany, L. B., Ci, L., ve Ajayan, P. M. (2009). New insights into the structure and reduction of graphite oxide. *Nature Chemistry*, *1* (5), 403.

Gao, X., Jang, J., ve Nagase, S. (2009). Hydrazine and thermal reduction of graphene oxide: Reaction mechanisms, product structures, and reaction design. *The Journal of Physical Chemistry C*, *114* (2), 832-842.

Geim, A. K. (2009). Graphene: Status and prospects. *Science*, *324* (5934), 1530-1534.

Hau, H. H., ve Gralnick, J. A. (2007). Ecology and biotechnology of the genus Shewanella. *Annu. Rev. Microbiol.*, *61*, 237-258.

Hontoria-Lucas, C., López-Peinado, A., López-González, J. de D., Rojas-Cervantes, M., ve Martin-Aranda, R. (1995). Study of oxygen-containing groups in a series of graphite oxides: Physical and chemical characterization. *Carbon*, *33* (11), 1585-1592.

Jeong, H.-K., Lee, Y. P., Lahaye, R. J., Park, M.-H., An, K. H., Kim, I. Lee, Y. H. (2008). Evidence of graphitic AB stacking order of graphite oxides. *Journal of the American Chemical Society*, *130* (4), 1362-1366.

Kamat, P. V. (1993). Photochemistry on nonreactive and reactive (semiconductor) surfaces. *Chemical Reviews*, *93* (1), 267-300.

Lee, C., Wei, X., Kysar, J. W., ve Hone, J. (2008). Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene. *Science*, *321* (5887), 385-388.

Li, J., Li, J., Li, L., Yu, M., Ma, H., ve Zhang, B. (2014). Flexible graphene fibers prepared by chemical reduction-induced self-assembly. *Journal of Materials Chemistry A*, *2* (18), 6359-6362.

Mattevi, C., Eda, G., Agnoli, S., Miller, S., Mkhoyan, K. A., Celik, Chhowalla, M. (2009). Evolution of electrical, chemical, and structural properties of transparent and conducting chemically derived graphene thin films. *Advanced Functional Materials*, *19* (16), 2577-2583.

McAllister, M. J., Li, J.-L., Adamson, D. H., Schniepp, H. C., Abdala, A. A., Liu, J. (2007). Single sheet functionalized graphene by oxidation and thermal expansion of graphite. *Chemistry of Materials*, *19* (18), 4396-4404.

Nethravathi, C., ve Rajamathi, M. (2008). Chemically modified graphene sheets produced by the solvothermal reduction of colloidal dispersions of graphite oxide. *Carbon*, *46* (14), 1994-1998.

Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S. V. (2004). Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science*, *306*(5696), 666-669.

Pan, D., Zhang, J., Li, Z., ve Wu, M. (2010). Hydrothermal route for cutting graphene sheets into blue-luminescent graphene quantum dots. *Advanced Materials*, *22* (6), 734-738.

Park, S., An, J., Potts, J. R., Velamakanni, A., Murali, S., ve Ruoff, R. S. (2011). Hydrazine-reduction of graphite-and graphene oxide. *Carbon*, *49* (9), 3019-3023.

Park, S., ve Ruoff, R. S. (2009). Chemical methods for the production of graphenes. *Nature Nanotechnology*, *4*(4), 217.

Pumera, M. (2013). Electrochemistry of graphene, graphene oxide and other graphenoids. *Electrochemistry Communications*, *36*, 14-18.

Salas, E. C., Sun, Z., Lüttge, A., ve Tour, J. M. (2010). Reduction of graphene oxide via bacterial respiration. *ACS Nano*, *4*(8), 4852-4856.

Schniepp, H. C., Li, J.-L., McAllister, M. J., Sai, H., Herrera-Alonso, M., Adamson, D., Aksay, I. A. (2006). Functionalized single graphene sheets derived from splitting graphite oxide. *The Journal of Physical Chemistry B*, *110* (17), 8535-8539.

Shin, H., Kim, K. K., Benayad, A., Yoon, S., Park, H. K., Jung, I. Choi, J. (2009). Efficient reduction of graphite oxide by sodium borohydride and its effect on electrical conductance. *Advanced Functional Materials*, *19* (12), 1987-1992.

Stankovich, S., Dikin, D. A., Piner, R. D., Kohlhaas, K. A., Kleinhammes, A., Jia, Y., Ruoff, R. S. (2007). Synthesis of graphene-based nanosheets via chemical reduction of exfoliated graphite oxide. *Carbon*, *45* (7), 1558-1565.

Stoller, M. D., Park, S., Zhu, Y., An, J., ve Ruoff, R. S. (2008). Graphene-based ultracapacitors. *Nano Letters*, *8* (10), 3498-3502.

Williams, G., Seger, B., ve Kamat, P. V. (2008). TiO_2-graphene nanocomposites. UV-assisted photocatalytic reduction of graphene oxide. *ACS Nano*, *2* (7), 1487-1491.

Wu, Z.-S., Ren, W., Gao, L., Zhao, J., Chen, Z., Liu, B., Cheng, H.-M. (2009). Synthesis of graphene sheets with high electrical conductivity and good thermal stability by hydrogen arc discharge exfoliation. *ACS Nano*, *3* (2), 411-417.

Zhang, Yonglai, Guo, L., Wei, S., He, Y., Xia, H., Chen, Q., Xiao, F.-S. (2010). Direct imprinting of microcircuits on graphene oxides film by femtosecond laser reduction. *Nano Today*, *5* (1), 15-20.

Zhang, Yuanbo, Tan, Y.-W., Stormer, H. L., ve Kim, P. (2005). Experimental observation of the quantum Hall effect and Berry's phase in graphene. *Nature*, *438* (7065), 201.

Zhao, J., Pei, S., Ren, W., Gao, L., ve Cheng, H.-M. (2010a). Efficient Preparation of Large-Area Graphene Oxide Sheets for Transparent Conductive Films. *ACS Nano*, *4* (9), 5245-5252.

Zhao, J., Pei, S., Ren, W., Gao, L., ve Cheng, H.-M. (2010b). Efficient preparation of large-area graphene oxide sheets for transparent conductive films. *ACS Nano*, *4* (9), 5245-5252.

Zhou, Y., Bao, Q., Tang, L. A. L., Zhong, Y., ve Loh, K. P. (2009). Hydrothermal dehydration for the "green" reduction of exfoliated graphene oxide to graphene and demonstration of tunable optical limiting properties. *Chemistry of Materials*, *21* (13), 2950-2956.

Zhu, Y., Murali, S., Stoller, M. D., Velamakanni, A., Piner, R. D., ve Ruoff, R. S. (2010). Microwave assisted exfoliation and reduction of graphite oxide for ultracapacitors. *Carbon*, *48* (7), 2118-2122.

BÖLÜM 5:

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SUYUN GÜVENLİĞİ: ADANA ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Rozelin AYDIN[1]
Maide DEMİRBAŞ[2]

[1]Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik, Adana, Türkiye. raydin@atu.edu.tr
[2]Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kent Çalışmaları Anabilim Dalı, Adana, Türkiye. maidedemirbas@hotmail.com

GİRİŞ

İnsanoğlu yeryüzünde yaşamaya başladığı andan itibaren doğayı temel ihtiyaçları için kullanmaya başlamıştır. Doğa her zaman insanların yaşamında büyük rol oynamıştır. Geçmişe baktığımızda çoğu medeniyetin, devletin su kaynaklarına yakın yerlerde ortaya çıkışına şahit olmaktayız. Yerleşik hayata geçildiğinde yaşanılacak yerin seçiminde iklimin ve su kaynaklarının etkili olduğu aşikârdır. Sanayi Devrimi ile birlikte Dünya'da yaşanan teknolojik gelişmeler toplumsal yaşamı dönüştürmüştür. Sanayileşmeyle birlikte kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtların kullanımı sonucu CO_2 başta olmak üzere birçok sera gazı atmosfere yayılmaya başlamış ve zaten kendisi ısınmakta olan gezegenin ısınmasını insan kaynaklı faaliyetler hızlandırmıştır. Küresel iklim değişikliği, tüm insanlığı etkilemeye başlamış dolayısıyla ulusal ve uluslararası çözüm yolları aranmaya başlamıştır. Küresel iklim değişikliğinin etkilerini incelemek amacıyla 1988 yılında Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur.

1950'den sonra iş bulma ümidiyle birçok insan kırdan kente göç etmeye başlamıştır. Göç eden kesimin gecekondularda yaşaması nedeniyle altyapı eksiklikleri ve çarpık kentleşme ortaya çıkmıştır. Şehirleşme için ağaçların yok edilmesi, tarım arazilerinin yanlış kullanımı ve nüfusun artışıyla çığ gibi büyüyen atık miktarı çevre sorunlarını su yüzüne çıkarmıştır.

1980'de başlayan neoliberalizm akımı, Turgut Özal'ın 24 Ocak Kararlarını kabul etmesiyle Türkiye'ye de cereyan etmiştir.

Neoliberalizm kısaca ticaretin serbestleştirilmesi, devletin sektörlere müdahalesini azaltması ya da müdahaleyi tamamen kaldırması olarak açıklanabilir. Devlet bu dönemde çiftçilere tarımda sağladığı sübvansiyonları azaltmıştır. Zaten 1950'lerde başlayan göç ile kırsal nüfus azalmıştı, teşviklere gelen darbeyle üretimi bırakan çiftçilerin sayısı giderek artmıştır. Kapitalizm kartlarını teker teker sahneye koymakta, insanlar artık üretmiyor sadece tüketir konuma gelmişlerdi. Üretim ve tüketim kalıpları tamamen değişmişti. Ardı arkası kesilmeyen ihtiyaçları vardı ve bunun için Dünya'daki sınırlı kaynakları geleceği düşünmeden kullanıyorlardı.

Yapılan araştırmada iklim değişikliğinin Adana kentinde su kaynaklarına etkisinin olup olmadığı ortaya konulacaktır. Çalışmada öncelikle çevreyle ilgili temel kavramlar açıklanacak, Osmanlı Dönemi'nden itibaren uygulanan tarım politikaları, kuramsal altyapı başlığı altında çevrecilik ve ekoloji, yeşil siyaset süreci, iklim değişikliği ele alınacaktır. Adana Büyükşehir Belediyesi, Çevre ve Şehircilik Adana İl Müdürlüğü ve Adana Devlet Su İşleri 6. Bölge Müdürlüğü (DSİ) ile yapılan görüşmeler aktarılacak ardından sonuç ve tartışmayla çalışma sona erecektir.

1. NEOLİBERALİZM ÖNCESİ VE SONRASI TARIM POLİTİKALARI

Mehmet Öztürk'ün (2010) çalışmasında bahsettiği üzere Osmanlı Devleti'nin ekonomik yapısına bakıldığında tarım ön plana çıkmaktadır. Tarım tımar sistemiyle yürütülmekteydi. Bu sistemde

topraklar devlete aittir; fakat tımarlı sipahilere verilmiştir. Toprakların üst üste üç yıl boş bırakılması halinde toprak köylüden alınmaktaydı. Böylece tarımda devamlılık esas kılınıyordu. Devletin gelirlerinin bir kısmını üreticiden aldığı Aşar vergisi oluşturuyordu. 1913-1922 yılları arasında Birinci Dünya Savaşı ve Kurtuluş Savaşı nedeniyle Türkiye'nin nüfusu bir hayli azalmıştır. Dolayısıyla tarımsal bir düşüş gözlenmiştir. 1923-1929 yılları arasında devletin ekonomiye müdahalesi sınırlıydı. 1932-1939 seneleri arasında Büyük Buhran Döneminde devletin tarım için kredi olanaklarını genişlettiği ve tarımda teknolojiyi yaygınlaştırmaya çalışarak olumlu bir müdahalede bulunduğu söylenebilir. 1939-1945 arasında II. Dünya Savaşı'na Türkiye katılmamış olmamasına karşın yine de etkilenmiştir (Öztürk, 2010).

Demokrat Parti döneminde (1950-1959) devletçilikten serbest ekonomiye geçildiğini Kürklü (2015) araştırmasında söylemektedir. Dönemin başlarında Ziraat Bankası tarafından verilen düşük faizli krediler, devletin üreticiye sağladığı teşvikler yoluyla tarımda makineleşme artmıştır. Çayır ve meraların ekilebilir tarım arazisine katılmasının da tarımsal üretimin artmasında büyük rolü bulunmaktadır. 1954'te yaşanan kuraklık ve ekonominin kötüleşmesi sonucu tarım olumsuz etkilenmiştir (Kürklü, 2015).

1963'ten sonra kalkınma planları çerçevesinde tarım politikalarına yön verilmeye başlanmıştır (Küzeci, 2011, s.20-21). Ulusal üretimi teşvik etmek amacıyla ülkede ithal ikameci sanayi politikası izlenmiştir. Dışa kapalı piyasa stratejisi, sermayenin birikimine neden olmuştur. Gelişmiş ülkeler biriken sermayeyi az

gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelere aktarmak istemekteydi. Türkiye'nin dış borç açığı giderek artmaktaydı. IMF, Türkiye'ye borç vermeyi teklif etmişti; fakat ticaretin serbestleştirilmesi, yabancı sermaye yatırımlarının teşvik edilmesi gibi şartları bulunmaktaydı. Turgut Özal teklifi kabul etmek durumunda kalmış, adından sürekli söz ettirecek 24 Ocak Kararlarını 1980'de kabul etmiştir. Alınan kararlarla tarım ve ticaret başta olmak üzere birçok sektörde devletin müdahalesi ortadan kaldırılmıştır. Devlet daha önce verdiği teşvikleri azaltmaya başlamıştır.

1980'li yıllarda ekonomiye devletin karışmasını en düşük seviyeye indirgemeye çalışan liberal akımın mevcudiyeti, tarım sektöründe İkinci Dünya Savaşı senelerinden sonra ikinci gerileme devrini başlatmıştır. Dışa açık ekonomi yöntemleri birer birer uygulanmaya başlamıştır. Korumacı, müdahaleci devlet siyaseti terk edilmiştir. Tarımsal kesimde özelleştirme kavramının sahneye çıkmasıyla, çiftçinin gücünde giderek azalma görülmektedir. Bu azalmanın nedeni, çiftçiye tanınan kredi kolaylıkları, destek alımları, sübvansiyon vb. desteklerin artık daha az sağlanıyor olmasıdır (Erbelet, 2014, s.41). Türkiye, 1994'te Dünya Ticaret Örgütü'nün tarım anlaşmasına onay vererek yeni belirlenen tarım politikalarıyla uluslararası ticaretin daha da özelleştirilmesine, çiftçiye verilen desteklerin azaltılmasına eli kolu bağlı uymak zorunda kalmıştır (Susam & Bakkal, 2008, s.337).

Fakat günümüze bakarsak sübvansiyon alımları üretici gelirlerinde dengesizlik yaratmıştır. Uygulanan tarım siyasetleri, diğer kesimlerde olduğu gibi tarım kesiminde de dünyadaki birçok ülkede,

küreselleşme cereyanının da tesiriyle bir değişim süreci görülmektedir (Küzeci, s.20-21).

Diğer yandan çevre konusuna gelecek olursak, dünyada uygulanan tüm tarım faaliyetleri çevreyi iyi ya da kötü bir şekilde etkilemektedir. Ülkelerin gelişmişliği perspektifinden, gelişmemiş ülkeler tarım sektöründen sanayi sektörüne keskin bir geçiş yapamadan kendilerini sanayileşme yolunda bulmuşlardır. Gün geçtikçe daha çok köylü, aşırı maliyetten ötürü topraklarını terk ederek iş bulma umuduyla köyden kente göç etmeye başlamıştır. Fakat bu aşırı nüfusun ve sanayileşmenin çevreye fazlasıyla zarar verdiği aşikârdır (Karaer & Gürlük, 2003, s.198).

Süregelen tarım politikalarına çeşit yaratabilmek için devlet desteğinin tarım politikalarında epey farklılaştığı görülmektedir. Farklılık nedenleri arasında tarıma verilen desteğin ülkeye ağır gelmesi, bütçe açıklarıyla karşı karşıya gelinmesi ve ekonomide dalgalanmalar oluşturması sayılabilir. Bu sıkıntılar nedeniyle belirlenen tarımsal hedeflere ulaşılamıyordu; çünkü devlet desteğini büyük oranda araziye sahip olanlar alabiliyor asıl ihtiyacı olanlar ise kamu kaynaklarından daha az faydalanıyordu. Her sektörde olduğu gibi tarım sektöründe de gelir adaletsizliği makasının açılmasına neden oluyordu (Küzeci, 2011, s.20-21).

2. ÇEVRECİLİK VE EKOLOJİ

Ekoloji, canlıların kendi kategorilerindeki ve etrafındaki diğer canlılarla kurdukları bağları incelemektedir (TDK). Ekoloji terimini 1866 senesinde Alman biyolog Ernst Haeckel, yaşayan popülasyonların

ekosistemdeki bağlantısını anlamlandıracak bilim dalını adlandırabilmek için ilk kez kullanmıştır. Ekoloji sözcüğü, politika lügatında ekolojizm olarak, dilimizde ise çevrecilik yahut yeşil düşünceler olarak nitelendirilmektedir. Çevre bilimi, çevre problemlerini ve doğa ile insan arasındaki kuvvetli bağları da irdeleyen; farklı bilimler ile yakından ilişkili olan bir bilimdir (TDK). Çevrecilik, bir birey olarak doğaya karşı hassas, farkındalık sahibi, insan hayatını olumsuz etkileyecek sorunların çözülmesini isteyenlerin ortaya çıkardığı yeni toplumsal hareketleri, çevre örgütlerini ve yeşil siyaset gibi birçok olguyu kapsamaktadır.

Ekoloji, çevre ve yeşilcilik kavramlarının temeli çevreciliğe dayanmasına rağmen değişik anlamlarda da kullanılmaktadırlar (Bozkır, 2018, s.58). Ekoloji ve çevre kavramları kimi zaman birbirlerinin yerine kullanılmasına karşın ekolojiye göre çevre, kapsadığı alt dallar sebebiyle görece daha geniş bir bilim dalıdır (Kaya, 2019, s.1). Çevreci düşünce, etraftaki örüntülere odaklanırken, ekoloji yalnız çevreyi değil, toplumu geçmişle ilişkilendirerek şu anı ve geleceği incelemektedir (Kovel, 2005, s.78). Çevrecilik anlayışı daha çok çevre kirliliğini yüzeysel olarak ele almakta, ekoloji gibi insanların doğa ile olan ilişkilerini farklı perspektiflerden değerlendirmemektedir. Gelecek nesiller için doğal kaynakların sürdürülebilirliği adına kaynakların bilinçli kullanımını ve halk sağlığını koruma hedefi gütmektedir (Sezer, 2006).

İnsanlar doğa ile her zaman iç içe olmuşlardır sadece ilişki yönleri değişmiştir. İlk çağlarda insanlar, gerçekleşen doğa olaylarını

bilmedikleri için kendilerini korumaya çalışmışlardır. Yerleşik düzene geçildiğinde ise toprak yönetimi edinildiğinde kendi yiyeceklerini kendileri yetiştirerek, evlerini inşa ederek doğayı kontrol etmeye başlamışlardır. Bu şekilde su yüzüne çıkan doğaya hakimiyet kurma çabası, insanların sınırlı olan doğal kaynakları bilinçsiz bir şekilde istismar ettiği yeni bir tüketim toplum düzeni yaratmıştır. Ortaya çıkan çevre sorunlarının baş aktörünün insan olduğu hem bilimsel verilerle kanıtlanmış hem de halkın bunu sezmesiyle doğanın korunması için mücadeleler verilmeye başlanmıştır; fakat iyileşen sağlık ve yaşam koşulları nedeniyle nüfusun artması, bu nüfusun gereksinimlerini arttırmakla paralel olarak doğanın tahribatını da arttırmaktadır. İnsanlar kendilerinin doğada yaşayan bir canlı olduğunu unutarak doğaya sadece bireylerin isteklerine hizmet eden bir araç muamelesi yaparak flora ve faunaları yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bırakmanın yanında kendi yaşamlarını da olumsuz etkileyen doyumsuz davranışlarını sürdürmektedir (Kaya, 2019, s.2).

Kapitalizmin dayatması ile şirketlerin daha fazla büyüme hırsı tek gaye haline gelmiştir. Doğal kaynakların sınırlı olduğu gezegenimizde sonsuz ve daimî büyüme hevesi, insanlığın kendi kendine hazırlamış olduğu ekolojik bir felaket ile sonuçlanmıştır.

Ekonomik çıkarlar doğrultusunda doğal gıdalardan uzaklaşılmış ve artık günümüzde genetiği değiştirilmiş besinler ile seçkinlere göre ‘‘kötü olan ırkın’’ azaltılması ya da yok edilmesi için biyolojik bir savaş dönemi başlamıştır (Yalçın, 2017, s.398). Sanayi Devrimi ile fosil yakıtların (kömür, petrol, doğal gaz) yer altından çıkarılması ve

kullanılmasıyla başlayan nüfus artışı, kentleşme, arazi kullanım değişiklikleri gibi antropojenik etkilerin şahane bir uyuma sahip olan doğa üzerinde baskı yaratması ve fark edilmesi 1950 yıllarına denk gelmektedir. Ekosistemi derinden sarsan çevresel ve ekolojik problemleri durdurabilmek için çevre hareketleri başlamış, ulusal ve uluslararası çevre politikaları yürürlüğe girmiştir (Adıyaman, 2019, s.8).

Ekoloji hareketi sorunları çözerken çevrecilikten farklı yollar izlemektedir. Foster'a göre, yaşadığımız ekolojik sorunların çözülmesi için sunulan çareler yeterli olmamaktadır. Çünkü çevrecilik bu çareleri uluslararası anlaşmalar yapmaya, toplumların nüfusunu planlamaya, tüketimi sınırlandırmaya, çevre dostu teknolojilerin benimseneceği işletmeler yaratmaktan farklı bir yere vardıramaz. Bu nedenle gezegendeki kriz doğa krizi değil, toplum krizi olarak fark etmemiz gerekmektedir. Krizi tek tek insanlara mal edemeyiz. Karşı karşıya kaldığımız kritik durumun kökeni toplumsal ve tarihseldir (Foster, 2002, s.12).

2.1. Ekoloji Düşünceleri

2.1.1. Derin Ekoloji

Derin ekoloji, doğanın insan için var olduğu ve insanların çıkarı uğruna hoyratça davranılmasına karşılık olarak insan merkezci değil, insanın da yer aldığı doğa merkezci bir anlayıştır (Ayaz, 2014, s.279). *Derin Ekoloji* kavramını ortaya atan kişi, Arne Naess'tir. Naess'e (1995) göre, insan haricindeki canlı formları, insanlara fayda sağlaması

gözetilmeksizin değerlidir. İnsanların hayatta kalabilecek minimum ihtiyaçları gidermelerinin ötesinde, var olan biyolojik çeşitliliği tehlikeye atma lüksü bulunmamaktadır. İnsan hayatı dışındaki yaşam şekillerinin varlığını devam ettirebilmesi insan popülasyonunun (daha az insan daha çok biyolojik çeşitlilik) daha az olmasına bağlıdır. İnsanların eşsiz ekolojik denge uyumunu bozması sömürü boyutuna ulaşmıştır. Bu nedenle sektörlerdeki mevcut kapitalist politikalar tamamen terk edilmelidir. Düşünce tarzında yaşanan radikal farklılıklar yaşam kalitesinin artmasından ziyade yaşamın değerli olduğunun kavranmasını sağlayacaktır. Varlıkların değerli bulunma görüşüne hak verenler dolaylı veyahut doğrudan uygulama sürecinde sorumlu tutulmaktadır (Şakacı, 2011, s.192).

Kapitalizmin yeryüzündeki her şeyin insana hizmet etmesi gerektiği bencil tutumu, derin ekoloji ile tamamen zıt hatlardadır. Kovel'e göre, derin ekolojinin zayıflığı doğada insanı özne konumuna yerleştirmesidir; fakat bu yorum, insan ile doğa arasında uçurum yaratabilir. Tabiatın toplum tarafından yapılaştırıldığının (yapılı çevre) gözden kaçırılmasına sebep olabilir. Söz konusu durum ise sınıflandırılmış insanların kabul görmemelerine yol açabilir (Kovel, 2005, s.223).

Ekolojik düzende, bütün canlıların eşit hakları bulunmaktadır, karşılıklı ilişkilerinin yararları dikkate alınmadan hepsi değerlidir. Kapitalist üretim kalıpları ise doğal sistemin sessiz, kusursuz düzenini yıkarak ekolojik yaşam unsurlarını bir araç olarak görmektedir. Dolayısıyla çevre problemlerinin asıl düşmanı ihtiyaç gibi gösterilen ''yeniyi'' satın almaya dayalı savurgan tüketim hazzıdır. Gayemiz,

çevre sorunlarını çözerek doğal kaynakların daha fazla sömürülmesini engellemek, sürdürülebilir yeşil bir gelecek inşa etmek ise ekonomik büyüme odaklı piyasa sistemi yok edilmeli, dünyanın ekolojik bütünlüğüne uygun, insan dışındaki tüm varlıklara ve biyosfere saygılı yeni bir sisteme geçiş yapmak tek çıkar yoldur (Birdişli, 2014, s. 43).

2.1.2. Toplumsal Ekoloji

Siyaset bilimci Murray Boookchin 1970'lerde toplumsal ekoloji düşüncesini ortaya atmıştır. Toplumsal ekolojistler doğayı ikiye ayırmıştır. Birincisi insanların olmadığı vahşi doğadır. İkinci doğa ise insanlar tarafından üretilen her şeyin yer aldığı bir doğadır. Dolayısıyla insana ve topluma özgü her şey ikinci doğada yer almaktadır. Bookchin, var olan çevre siyasetini tenkit ederek çevre sorunlarının tüm toplumlara ilişkin olduğunun kavranmasının önemli olduğunu savunmuştur. (Tokar, 2014, s.139). Murray Bookchin'e göre, mevcut ekolojik sıkıntılar, yanlış siyasal sistemlerden ve toplumsal sorunlardan doğmuştur, üstelik hem insanların emeği hem de doğa kapitalizm aracılığıyla sömürülmektedir (İdem, 2002).

Bookchin'e (1996) göre çevre sorunları, ekolojik bir kriz durumuna gelmiştir ve bunun nedeni teknoloji, endüstrileşme, nüfus artışının yanı sıra sorunun kökeni insanın doğaya hâkim olma hırsıyla doğal kaynakları metalaştırmasıdır (Eryılmaz, 2017, s.169). Murray Bookchin (1996), krizin çözümünün hiyerarşi ve tahakkümün ortadan kaldırılmasında ve toplumlardaki tüm sınıflandırmaların, mülkiyetin, hiyerarşilerin yok edilmesi olduğunu ileri sürmektedir (Yıldırım, 2017, s. 297). Bookchin'e göre, doğa ile insanlar arasındaki ahengi

yakalayabilmek, insanların çevreyle uyumu standart yaşam düzeni haline getirmeleriyle mümkündür (Tokar, 2014, s.138). Akıl ile kazanılan bilim ve teknoloji gelişmelerini reddetmekten ziyade bu teknolojileri doğaya karşı nasıl ve hangi amaçlarla kullanacağımızı sorgulamalıyız (İdem, 2002, s.10). Bu sorunun yanıtı doğaya nasıl müdahale edeceğimizin ve nasıl bir toplum istediğimizle ilişkilendirilmektedir (Ayaz, 2014, s.283).

2.1.3. Ekofeminizm

Ekofeminizm sözcüğü, ekoloji hareketleri ve feminist hareketlerin birleşmesiyle oluşturulmuş ve 1974'te Fransız feminist Françoise d'Equbonne tarafından literatüre kazandırılmıştır. Doğanın baskı altına alınmasıyla kadının baskı altına alınması arasında bir bağ kurulmaktadır. Erkekler, kadınları baskı altına aldığı gibi doğayı da baskılayan erkektir. Kadınların doğa tahribatı konusunda hiçbir sorumluluğu bulunmamaktadır. Doğaya zarar verilmesinden erkek sorumlu tutulmaktadır. Ekofeminizm anlayışına göre kadın sömürüsü sonlanırsa doğa sömürüsü de sonlanacaktır (Çüçen, 2011, s.8). Ayaz'a göre (2014) kadının doğadan izole edilmesi kadının doğa gibi korunmaya muhtaç olduğu düşüncesini ortaya koymaktadır. Halbuki kadınlar çalışma yaşamına girdikten sonra onlar da doğaya zarar verici anlaşmalar yapmışlar veya dolaylı olarak çevreyi etkilemişlerdir.

2.1.4 Ekopsikoloji

Teknolojinin gelişmesi, nüfusun artması, işsizliğin artarak devam etmesi; insanların ihtiyaçlarını karşılayabilmek için daha çok çalışmak

istemesine neden olmaktadır. Hegel'e göre bu nedenle insanın dinlenecek vakti kalmayınca doğaya yabancılaşmaktadır. İnsanların karşılaştığı günümüz sorunlarının temelinde bu yabancılaşma yatmaktadır. Yabancılaşma, insanın doğayla yeniden sağlıklı bir şekilde kucaklaşmasıyla son bulacaktır (Ayaz, 2014, s.285).

Ekopsikoloji kavramının mimarı Theodore Roszak'a göre, insanlar doğa bilinci ile dünyaya gelmektedir. Amaç, var olan bu bilinci su yüzüne çıkarmaktır. Çocukluk çağı, insan psikolojisinde önemli bir yere sahiptir. Ekopsikolojinin hedefi, çevre farkındalığını büyüklere de hatırlatabilmektir. Çocukların çevre farkındalığı sürecinde ise doğa ile alakalı masallar, hikayeler önemli bir yer tutmaktadır. Ekolojik benliğin kazanılmasıyla insanların, tabiata ve başkalarına karşı hissettikleri sorumluluk ile sosyal bağlarda ve siyasi hükümlerde yetkili olması amaçlanmaktadır. Doğayı yabancılaştıran ve doğa üzerinde baskı kurmaya çalışan erkek egemen tavırlarını yapılandırmak esastır. Sanayileşmenin faydalarını reddetmeden neden olduğu tahribatları irdeler, bu bağlamda ekopsikoloji post-endüstriyeldir. Gezegenin ve bireyin iyiliği ortak paydada bulunduğu için dünya neye gereksinim duyuyorsa bu, insan için de bir gereksinimdir (Hablemitoğlu, 2015).

3. YEŞİL SİYASETE GİRİŞ

İnsanoğlu geçmişten beri Dünya'nın doğal kaynaklarını kullanmaya devam etmektedir. Gelişen sanayi endüstrisiyle kontrolsüz bir şekilde artan nüfus plansız bir şekilde kente kaymaktadır. Daha fazla enerji ihtiyacını karşılayabilmek adına kullanılan fosil yakıtlar hava, su ve toprak kirliliğine neden olmaktadır. Böylelikle birçok canlı türü yok

olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. Çevreye verilen zarar arttıkça çevreci anlayış, yerini çevreci hareketlere bırakmıştır (Ceritli, 2001, s. 214). Batı'da büyüyen ekonomi ve refaha erişilmesi nedeniyle insanlar artık kendi temel ihtiyaçlarına kıyasla daha az rahatsız edici olan çevre konusuyla ilgilenmeye başlamışlardır. Çevre onlar için sorun haline gelince toplumsal hareket olan çevrecilik yeşil siyasete dönüşmüştür (Üste, 2015, s. 40). Ekoloji mevzularının siyasete evrilmesi, halkın artık refaha erdikten sonra çevreyi kirlettiğinin farkına varması akabinde çevre kirliliğinin önünü kapatma isteğinin vücut bulması 1960'lı yıllara karşılık gelmektedir (Keleş, Hamamcı, Çoban, 2015).

Ortaya çıkan çevre sorunları tüm dünyayı ilgilendirmesine karşın, ekolojik problemler, siyasi partilerin gündeminde yer almamıştır; çünkü partiler bir tek ekonomik sorunlarla alakadar olmakta ve bir sonraki seçim kaygısıyla kısa vadeli çözümler üretmektedir. Aslında bu sorunların nasıl çözüleceği belli olmakla birlikte, hükümetlerin ulaşım, enerji, altyapı, tarım, gıda, sağlık politikalarının kökten değişmesini gerektirdiği için yeşil sorunlar, siyasal partiler tarafından göz ardı edilmektedir. Dolayısıyla yeşil hareketler sesini duyurabilmek için yeşil siyasete evrilmek zorunda kalmıştır. Yeşil hareketlerin partileşme döneminde parti olarak faaliyet gösterme ve ekolojik hareket olarak kalma ikilemi siyasal partiler arasında anlaşmazlığa neden olmuştur (Göktolga, 2013, s.132).

3.1. Yeşiller

İlk Yeşiller Partisi Yeni Zelanda'da 1972'de kurulmuştur (Ayvaz & Tekalan, 2002, s.4). İlk önemli çevre örgütü olan Sierra Kulübü 1892'de ABD'de kurulmuştur. Kırsal alanların korunmasını en üst sıraya koymaktadır. Sierra Kulübü'nün geçmişi, nehirlere baraj yapılmasına karşı çıkılan tarihe dek uzanmaktadır. Günümüzde ise asıl amacı küresel ısınmaya karşı mücadelede bulunmaktır. Aslında ABD'nin fütursuzca uyguladığı enerji politikalarına karşı bir tavır sergilenmektedir (Giddens, 2013, s.78). 1972'de Birleşmiş Milletlerin düzenlemiş olduğu uluslararası Stockholm Konferansı'nda ilk kez çevre sorunları Dünya gündemine konu edilmiştir (Öztürk, 2017, s. 447).

1980'de yaşanan askeri darbenin anti-demokratik bir ortam oluşturması nedeniyle Türkiye'de çevreci toplumsal hareketlerin siyasallaşma süreci 1980'li yılların ortalarına tekabül etmektedir (Duru, 1995, s. 54).

Türkiye'de Yeşiller Partisinin temel ilkesini toplumsal ilişkilerden insan ve doğayı ayrı tutmamak oluşturuyordu. Parti çevrenin, ekolojik dengenin, tüm canlıların, insan hak ve özgürlüklerinin korunması, barışın sağlanmasını ön planda tutmaktaydı. Partinin demokrasi anlayışı vatandaşları önemsemektedir. Katılımcı demokrasinin, yerel yönetimlerin ve sivil toplum örgütlerinin güçlendirilmesiyle gerçekleşmesi öngörülmekteydi. Sanayileşmeye ve gelişmeye karşı bir tavır gösterilmemektedir, aksine çağdaş uygarlık seviyesine çıkabilmek esas amaçtır. Kadınların sömürülmesine

kesinlikle karşı çıkan bir parti olmuştur. Parti içindeki muhalif grupların parti politikasını beğenmeyip seslerini yükseltmesi üzerine yaşanan ikilemler sonucu parti 1994'te kapanmıştır (Duru, 2002). Aralarında eski üyelerin de yer aldığı kurucularla Yeşiller Partisi on iki yıl sonra 2008'de tekrar açılmıştır. Partinin temel ilkeleri; doğaya uyum, sürdürülebilirlik, küresel mücadele, erkek egemenliğinin reddi, şiddetin reddi, doğrudan demokrasi, yerellik, adil paylaşım, özgür yaşam, çeşitliliğin korunması olmuştur (Parti Programı, Temel İlkeler).

4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi'nde iklim değişikliği şu şekilde tanımlanmaktadır: ''*İklim değişikliği, karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik demektir*'' (BMİDÇS, 2002, s.5).

İklim değişikliğinin temel nedenini atmosfere yayılan zehirli gazlar oluşturmaktadır. Normal şartlar altında atmosferin görevlerinden biri insanları bu zararlı ışınlardan korumaktır; fakat endüstrileşme ve teknolojinin gelişmesi nedeniyle daha fazla kullanılan enerji kaynaklarının atıkları atmosferin bu koruyucu işlevini bozmaktadır. İnsan nüfusunun artması, yaşam standartlarının ve tüketim alışkanlıklarının değişmesiyle duyulan daha fazla enerji ihtiyacı sonucu doğa, insanlar tarafından tahrip edilmektedir (http://climatechange.boun.edu.tr/). 1860'lardan şimdiye dek yapılan araştırmalar, küresel sıcaklığın ortalama 0,5 ile 0,8 derece arttığını ifade

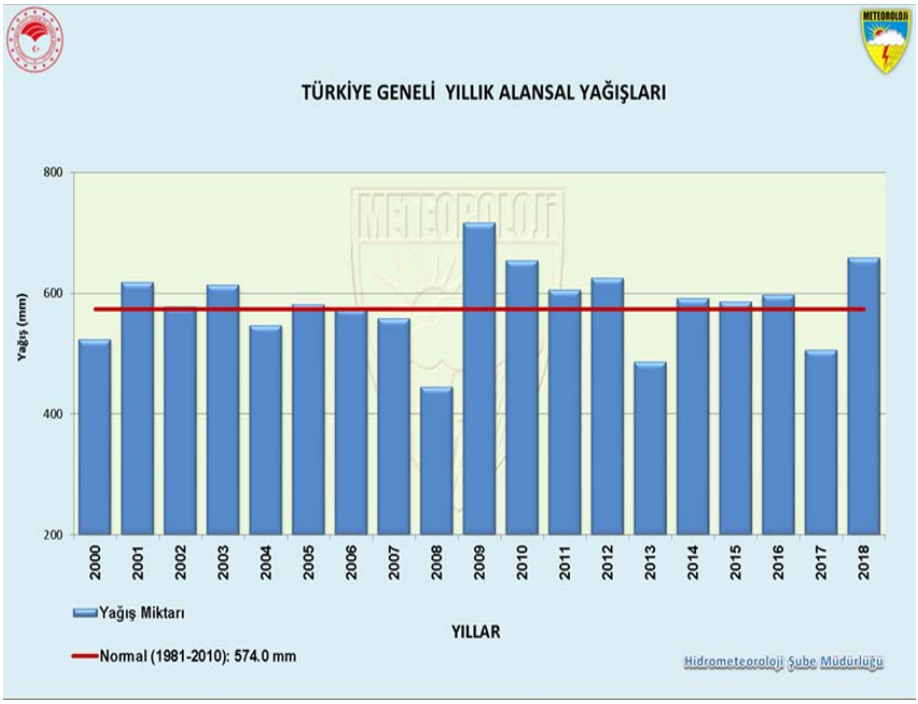
etmektedir. Son 50 yıldaki artan sıcaklık insan hayatını bariz bir biçimde etkilemektedir. Herhangi bir tedbir alınmazsa bu yüzyılın sonunda küresel sıcaklığın ortalama 2 derece artacağı öngörülmektedir (Yüksel ve ark., 2011).

Günümüzde dünyada kıtlık ve açlıkla mücadele eden birçok insan bulunmaktayken su, temel yaşam kaynağımızı oluşturmaktadır. İklim değişikliğinin sıcaklıkların artmasına, su kaynaklarının giderek azalmasına ve su ihtiyacının artmasına neden olması beklenmektedir. Nüfus artışı ve gelişen sanayi sebebiyle su sıkıntısı öngörülmektedir. İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi, yağış rejiminin farklılaşmasından ileri gelmektedir. İklim değişikliği nedeniyle yağışlarda meydana gelen farklılıklar su kaynakları için çok önemlidir. Sel felaketinin sık görülmesi yağışların kısa sürede ne kadar şiddetli olduğuna bağlıdır. Ayrıca yağışların mevsimsel dağılımındaki radikal değişiklikler kuraklığa neden olmaktadır. Örneğin sıcaklıkların artması halinde karla kaplı gün sayısı ve kar yağışı azalmaktadır. Kar yağışının az olduğu bir bölgede yağışların artık yağmur olarak görülmesi beklenmektedir (Kanber ve ark. 2010).

Dünya Bankası'nın yaptığı çalışmada (2009) Avrupa ve Orta Asya Bölgesi (ECA) için iklim değişikliği büyük bir tehdit unsurudur. Türkiye'nin de içinde bulunduğu bu bölgeler için yağışlar bütün mevsimlerde azalmasına rağmen sel, fırtına gibi doğal afetlerin sayısının artması, yüzey sularında azalış beklenirken sulama ihtiyacı ve su kaynaklarının üzerinde yaşanacak baskıların artması, kuraklığın daha yoğun görülmesi ve yaşanacak kuraklık, tarımsal ürünlerin

verimini etkileyeceğinden gıda güvenliği riskinin ortaya çıkması öngörülmektedir (Talu, 2015, s. 34). Sıcaklığın artmasıyla yağışlar azaldığı için yeraltı su seviyeleri ve sulak alanların olumsuz etkilenmesi söz konusudur. Tarımda kullanılan aşırı gübreleme ve pestisit uygulamaları yeraltı sularını kirletmekte ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğini engellemektedir (Gökkür, 2016).

Tablo 1: Türkiye Geneli Yıllık Alansal Yağışları (URL-1)



Tablo 1'de de görüldüğü üzere, Türkiye'de 1981-2010 yılları arasında yıllık normal yağış 574.0 mm iken 2017'de yıllık yağışın normal seviyenin oldukça altında ve 2018 yılında ise aşırı bir yağış gerçekleştiği göze çarpmaktadır. Dolayısıyla iklim değişikliği su

döngüsünü değiştirmekte ve su kaynaklarını tehlikeye atmaktadır. Yağış rejiminin düzensizleşmesi tarım alanlarını etkilemekte, özellikle yoksul bölgelerde kırılgan nüfusun gıda güvenliğini tehlikeye atmaktadır.

Türkiye, Akdeniz Havzası'nda yer aldığı için iklim değişikliğinin etkileri arasında daha çok kuraklık, dolayısıyla susuzluk; tarımsal ürün çeşitliliğinin azalması, orman yangınlarının yaygınlaşması, canlı türlerinin azalması beklenmektedir. WWF'nin Türkiye'nin Yarınları Projesi Sonuç Raporu 2010 verilerine göre, Akdeniz Havzası'nda görülen yağışlar son 25 senede %20 azalmıştır (WWF, 2010). ''*Türkiye'de yıllık toplam yağışlar uzun yılların ortalamasına yaklaşık bir değer göstermesine karşın, yağışın sağanak şeklinde düşmesi sebebiyle birçok bölgede göllerin ve derelerin kuruduğuna ya da su seviyelerinin iyice düştüğünü görmekteyiz*'' (Talu, 2015).

Ülkemizin kuraklık tehdidi altında olduğu ve Akdeniz Havzası'ndaki sıcaklık artışının önümüzdeki 20-50 yıl içerisinde yaklaşık 2 derece yükselmesi tahmin edilmektedir. Aynı zamanda yağışların azalması, aşırı hava olaylarının sık görülmesi, turizm sektörünün olumsuz etkilenmesi, sulak bölgeler, yeraltı suları ve su depolama alanlarında yaşanacak kayıplar olması anlamına gelmektedir. 2030 yılına geldiğimizde su sıkıntısı nedeniyle göçlerin yaşanacağı ifade edilmektedir (WWF, 2010).

İklim Değişikliği ve Etki Araştırması: Akdeniz Çevresi Araştırması'nın sonuçlarına göre, 21. yüzyılda Akdeniz Bölgesi'nde

gece ve gündüz sıcaklıklarının artacağı, yağış miktarının azalacağı, kuraklıkların artması ve daha uzun sürmesi beklenmektedir. Akdeniz Bölgesi için su talebi son 50 yılda iki kat artmıştır. İklim değişikliği nedeniyle Akdeniz Bölgesi'nde deniz seviyesi yükselecek ve kıyıları olumsuz etkileyecektir. İklim değişikliğine karşı fazlasıyla hassas olduğu için bölge, iklim sıcak noktası olarak tanımlanmıştır (Talu, 2015). Günümüzde Dünya'da birçok insanın içme suyuna erişimi dahi bulunmamaktadır. Artan nüfusun su ihtiyacının daha da artması beklenmektedir. Seyhan Ovası'nın yer altı suyu kaynakları iklim değişikliğine oldukça hassastır. Bu neden iklim değişikliğinin Seyhan'ın yer altı sularını azaltacağı beklenmektedir (Kanber ve ark. 2010).

Tablo 2: Seyhan Havzası Sektörel Su Tahsis Planı (URL-2)

Seyhan Havzası Toplam Su Kaynakları Potansiyeli						
Sektörel Alt Havza	**Normal Durum (hm^3)**	**2017 (hm^3)**	**2022 (hm^3)**	**2027 (hm^3)**	**2037 (hm^3)**	**Çok Şiddetli Kurak (hm^3)**
Zamantı	2.436	2.159	2.412	1.933	1.637	1.460
Göksu	2.230	1.983	2.208	1.782	1.517	1.360
Seyhan	2.617	2.304	2.589	2.048	1.713	1.514
Seyhan Barajı	7.282	6.445	7.208	5.762	4.867	4.332

Tablo 2'de Seyhan Havzası Sektörel Su Tahsis Planı'nda yer alan Seyhan Havzası toplam su kaynakları potansiyeli yer almaktadır. 2017, 2022, 2027, 2037 ve çok şiddetli kurak dönemleri kıstas alınmıştır. Adana'da Zamantı, Göksu, Seyhan, Seyhan Barajı alt havzaları belirlenen yıllardaki su kaynaklarının giderek azaldığı görülmektedir.

5. SAHA VERİLERİ

Adana'da odak gruplar ile yapılan 22-24-26 Nisan 2019 tarihli görüşmelerde şu verilere ulaşılmıştır.

İklim değişikliğine neden olan faktörler nelerdir?

Sanayileşme, fosil yakıtların kullanılması, çarpık kentleşmenin yoğun olması, kıyı bölgelerine imar izni verilmesi, tarım arazilerinin yerleşime açılması, nüfusun artması, tarımda kullanılan pestisitler, anız yangınları, termik santraller, kentsel dönüşüm yerine yerinde dönüşüm yapılması ve altyapı yetersizliğinin kirliliğe yol açması gibi nedenler iklim değişikliğine neden olmaktadır.

İklim değişikliğinin Akdeniz bölgesinde gözlemledikleri etkilerini şu şekilde sıraladılar:

- Tarım arazileri ve su kaynakları etkilenmekte, yer altı suları azalmaktadır.
- Mevsimlerin kayması
- Sıcaklıkların artmasıyla su sıcaklığının da artış göstermesi
- Hava kirliliği
- Göç

- Atıklardan kaynaklı kirliliğin suları da kirletmesi
- Sel taşkınları nedeniyle toprağın verimsizleşmesi
- Tarımsal ürünlerin fiyatlarının artması

İklim değişikliği hangi sektörleri etkilemektedir?

Tarım, turizm.

İklim değişikliğine yönelik çalışmalarınız var mı? Neler yapıyorsunuz?

Şu an için hazırlamakta olduğumuz Yerel İklim Değişikliği Eylem Planı yok, bakanlığın yönetmelik ve teşvik çıkarması gerekmektedir. Fakat yapılan tüm işlemler aslında Yerel İklim Değişikliği Eylem Planı'nın (YİDEP) bir ayağıdır. Örneğin Adana'da Katı Atık Depolama Sahası (ITC), iki tane su arıtma tesisi var. Hava kirliliği ile ilgili çalışmaktayız (Akdeniz Temiz Hava Merkezi).

Doğrudan iklim değişikliği ile ilgili bir çalışmamız yok. İklim Değişikliği Daire Başkanlığı kuruldu bu bile bir adımdır. Temiz havayla ilgili çalışmalarımız var. Biz atık su deşarjlarını takip ediyoruz. Deşarj yapmalarının denetimini yapıyoruz, teşvik veriyoruz. Geri dönüşümü kullananları da sayarsak şu an Adana'da 160 atık su arıtma tesisi var. Gri su özendirilmektedir (suyun geri dönüşümü).

Havza Koruma Eylem Planı var. Türkiye, Adana Seyhan ve Ceyhan'ı da kapsayan su havzalarına bölündü. Seyhan Havzası Sektörel Su Tahsis Planı Hazırlanması Projesi var. Seyhan Taşkın Planı bitti, Ceyhan Planı devam etmektedir.

İklim Değişikliği Eylem Planı nasıl olmalıdır?

İklim değişikliğinin etkileri çok geniş olduğu için her alanda değişikliğe gidilmesi gerekmektedir. Toplu taşıma sayısını artırmamız gerekiyor. Şehir içinde imar değişikliklerine gitmemiz gerekiyor. Çarpık kentleşme mevcut. Halkın alım gücü düşük olduğu için sosyal yardımlaşma kömürlerinin ya kalitesi artırılmalı ya da doğal gaz teşvik edilmeli. Vatandaşa katkıda bulunulmalı. Daha fazla atık su arıtma tesisinin olması gerekiyor. Bisiklet yolları yapılmalı. Trafik yoğunluğunu azaltmak için ulaşım master planı yapılmalı, kaliteli yakıt kullanılmalı. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaya başlanmalı ve artırılmalıdır. Adana'da yapmakla bitmiyor, iklim değişikliği Gaziantep'te, Mersin'de yapmazsanız Adana'yı doğrudan etkiliyor küresel anlamda ilintili bir durum.

İklim Değişikliği Eylem Planı'nın temel aktörleri nelerdir?

Teşvikler çok önemli, sanayide denetimin artırılması gerekiyor. Yönetmeliklerin uygulanması gerekmektedir. Denetimlerden Çevre ve Şehircilik Bakanlığı sorumludur, yaptırım odaklı çalışılması gerekmektedir. Yerel İklim Değişikliği Eylem Planı'nın (YİDEP) temel aktörleri, DSİ, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Belediyeler, STK'lar, üniversiteler. Farkındalığın arttırılması gerekmektedir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Endüstrileşme sonucu yaşanan gelişmelerle insanlar doğayı daha fazla tahrip etmeye başlamıştır. Kapitalist tüketim alışkanlıkları

nedeniyle insanların doğaya hükmetme çabası artarak devam etmektedir. Fakat doğal kaynaklar sonsuz değil, sınırlıdır.

Büyükşehirlerde yaşanan kuraklıkların, sellerin can ve mal kayıplarının nedeni giderek büyüyen şehirlerin su, arazi gibi kaynaklarının yetersiz geliyor olmasıdır (Barlas, 2013). Su tüketimi Dünya'da iki kat hızla artmaya devam etmektedir. Önümüzdeki birkaç on yıl içinde yüz milyondan fazla insanın iklim mültecisi olması tahmin edilmektedir (25 Litre Belgeseli, 2019).

Her hanedeki araba sayısının artması, sanayide kullanılan fosil yakıtlar, ormansızlaşma, tarımda kullanılan pestisitler ve atıklar iklim değişikliğini durdurulamaz noktaya getirmek üzeredir. Bilim insanlarının olacak dedikleri etkiler, şu an can alan fırtınalar, seller, hortum gibi aşırı hava olaylarıyla görülmektedir. Yapılan pek çok araştırma, Dünya ve Türkiye için pek de iyimser olmayan senaryolar öngörmektedir. İklim senaryolarının asıl amacı, değişecek koşullara hazırlıklı olmak için yapılacak planlara yardımcı olmaktır. Fakat sadece seçim sürecini düşünen ve kısa vadeli kalkınma planları yapan siyasilerin yaşanacak felaketleri göz önünde bulundurması gerekmektedir. Enerji ve ulaşım altyapılarını bir an önce değiştirmezsek 2° C'lik sıcaklık artışının önüne geçmek için vakit kalmayabilir (Barlas, 2013).

Literatür, il durum raporu, Meteoroloji Genel Müdürlüğü verileri, kaynak taramaları ve kurumlarla yapılan görüşmeler sonucunda ortak

görüş olarak su kirliliğinin önlenmesinde Adana'da karşılaşılan güçlüklere baktığımızda:

- Kurumsal ve yasal eksiklikler
- Mali imkansızlıklar nedeniyle arıtma tesislerinin kurulamaması
- Yeterli denetim yapılamaması
- Toplumda bilinç eksikliği karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde Adana'da yağışlar azalmakta; fakat su sorunu çok ciddi bir sorun olarak gözükmemektedir. Önlem alınmazsa önümüzdeki yıllarda iklim değişikliği, Adana'da su kaynaklarını olumsuz etkileyecektir. Adana'da iklim değişikliği ile ilgili çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Odak grup görüşmelerinin yapıldığı tarihlerde, Adana'da sera gazı envanter raporu verileri ve Yerel İklim Değişikliği Eylem Planı'nın bulunmadığı, günümüz en büyük risklerinden birini oluşturan iklim değişikliği etkileri için kurumsal yeterliliğinin kent genelinde olmadığı tespit edilmiştir.

Küresel iklim değişikliğinin yerel, ulusal ve uluslararası ölçekteki etkileri, Türkiye'de sosyo-ekonomik politikaların yapılandırılmasını, sürdürülebilir bir yaşam için başta su olmak üzere enerji, ulaşım, tarım konularında ilgili kurum ve kuruluşlarla iş birliği içinde kritik bir şekilde farklı politikalara geçilmelidir (Kibaroğlu, 2008, s.354). İleride ciddi sıkıntılara maruz kalmamak için kentleri sürdürülebilirlik ilkelerine uygun bir şekilde restore etmek veya dizayn etmek gerekmektedir. Bu dönemde yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını kirlilik ve aşırı kullanımdan korumak önem teşkil etmektedir. Yağmur

sularının biriktirilmesi, gri suları dönüştürecek altyapıların oluşturulması ve yaygınlaştırılması, ulaşımdan tarım arazilerine dek uzun vadeli kalkınma planları yapılmalı ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya başlamalı ve artırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Adana Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2017). *Adana İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu*. Adana.

Adıyaman, M. A. (2019). Murray Bookchin'in Toplumsal Ekoloji Anlayışı Üzerine Bir Çalışma, **Yüksek Lisans Tezi**, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Muğla.

Ayaz, H. (2014). Çevreci Eleştiri Üzerine Genel Bir Değerlendirme, *Uluslararası Türkçe Edebiyat Kültür Eğitim Dergisi*, Sayı: 3/1, s. 278-292, Türkiye.

Ayvaz, Z. & Tekalan A.Ş. (2002). Çevre Koruma Çalışmalarında Gönüllü Kuruluşların Yeri ve Önemi, *Çevre Dergisi*, Sayı: 5, s: 3-4.

Barlas, N. (2013). Küresel Krizlerden Sürdürülebilir Topluma Çağımızın Çevre Sorunları, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.

Birdişli, F. (2014). Çevreye Metaekolojik Yaklaşım ve Doğada Karşılıklı Dayanışma İlkesi, *Akademik İncelemeler Dergisi*, 9(1), s. 25-46.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/webmenu/webmenu12421_1.pdf Erişim Tarihi: 16.01.2020.

Bozkır, Ö. (2018). Çevreci Anlayışın Siyasallaşması: Yeşil Siyaset ve Türkiye, *USOBED Uluslararası Batı Karadeniz Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 2(1), s. 56-69.

Ceritli, İ. (2001). Çevreci Hareketin Siyasallaşma Süreci, *Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 25, Sayı: 2, Sayfa: 213-226.

Çüçen, A. (2011). Derin Ekoloji, Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Bursa.

Duru, B. (1995). Çevre Bilincinin Gelişim Sürecinde Türkiye'de Gönüllü Çevre Kuruluşları, **Yüksek Lisans Tezi**, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Duru, B. (2002). Türkiye'de Çevrenin Siyasallaşması: Yeşil Partisi Deneyimi, *Mülkiye Dergisi*, Cilt: 26, Sayı: 236, Sayfa: 179-200.

Erbelet, E. (2014). Gıda Güvenliğinin Türk Tarım Politikalarındaki Yeri ve Türk Tarımına Etkisi, **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Eryılmaz, Ç. (2017). Sosyal Bilim Paradigmaları Çerçevesinde Çevre Sosyolojisinin Kuramları ve Kavramları, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 27, Sayı: 1, Sayfa: 159-174, Elazığ.

Foster, J. B. (2002). Savunmasız Gezegen, Çev. (Hasan ÜNDER), Epos Yayınları, Ankara.

Gıddens, A. (2013). İklim Değişikliği Siyaseti, Çev. (Erhan BALTACI), Phoenix Yayınları, Ankara.

Gökkür, S. (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi, *Apelasyon Dergisi*, Sayı: 34.

Göktolga, O. (2013). Yeni Siyaset ve Ekolojik Hareketler, *Birey ve Toplum Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(5), s. 127-136.

Hablemitoğlu, Ş. (2015). Egonun Ekolojik Olanını Severiz, Gaia Dergi.

İdem, Ş. (2002). Toplumsal Ekoloji Nedir? Ne Değildir? *Toplumsal Ekoloji*, 1, s. 7-20.

İklimbu, İklim Değişikliğinin Nedenleri. http://climatechange.boun.edu.tr/, Erişim Tarihi 23.02.2020.

Kanber, R., Baştuğ, R., Büyüktaş D., Ünlü M., Kapur B. (2010). Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynakları ve Tarımsal Sulamaya Etkileri, *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, s. 83- 118.

Karaer, F. ve Gürlük, S. (2003). Gelişmekte Olan Ülkelerde Tarım-Çevre-Ekonomi Etkileşimi, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, Cilt:4, Sayı: 2, Sayfa: 197 – 206.

Kaya, R. (2019). Ekolojik Kriz: Derin Ekoloji ve Toplumsal Ekoloji Görüşleri ve Eleştirileri, **Yüksek Lisans Tezi**, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.

Keleş, R., Hamamcı, C., Çoban A. (2015). Çevre Politikası. İmge Kitabevi, Ankara.

Kibaroğlu, A. (2008). Küresel İklim Değişikliğinin Sınıraşan Su Kaynakları Politikasına Etkileri, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, s.347-355.

Kovel, J. (2005). ***Doğanın Düşmanı*** *Kapitalizmin Sonu mu, Dünyanın Sonu mu*?, Çev., Gürol Koca. İstanbul: Metis Yayınları.

Kürklü, A. (2015). Demokrat Parti Tarım Politikaları (1950-1960), **Yüksek Lisans Tezi**, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ.

Küzeci, U. (2011). Türkiye'de Uygulanan Tarım Politikalarının Dış Ticaret Üzerine Etkileri, **Yüksek Lisans Tezi**, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

National Geographic Türkiye, (2019). 25 Litre Belgeseli.

Öztürk, M. (2010). Tek Parti Dönemi (1923-1945) Tarım Politikalarında Devletçilik, **Yüksek Lisans Tezi**, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Öztürk, Ö. (2017). Çevrecilik Söylemleri ve Türkiye'deki Çevre Hareketlerinin Seyri, *Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, Cilt: 6, Sayı:2, s. 44- 456.

Sezer, Ö. (2006). Çevre Korumacılıktan Radikal Ekolojiye, *Sosyal Bilimler Araştırmaları E-Dergisi*, Yıl: 3, Cilt: 3, Sayı: 5.

Susam, N. ve Bakkal, U. (2008). Türkiye'deki Tarım Politikalarındaki Dönüşümün Kamu Bütçesi ve Ekonomi Üzerindeki Etkileri, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:10, Sayı:1, Sayfa: 327 – 357.

Şakacı, B. K. (2011). İnsanmerkezcilik ve Çevremerkezcilik Ekseninde Derin Ekoloji Yaklaşımının Çözümlenmesi ve Eleştirisi, **Doktora Tezi**, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Havza Yönetimi Dairesi Başkanlığı. (2017). *Seyhan Havzası Sektörel Su Tahsis Planı*, Seyhan Havzası Sektörel Su Tahsis Planı Hazırlanması Projesi. Ankara.

Talu, N. (2015). Türkiye'de İklim Değişikliği Siyaseti. Phoenix Yayınları, Ankara.

TDK, Ekoloji Nedir?. https://sozluk.gov.tr/, Erişim Tarihi 22.02.2020.

Tokar, B. (2014). İklim Adaletine Doğru. Çev. Sezgin Ata. İstanbul: Öteki Yayınevi.

Türkiye Geneli Yıllık Alansal Yağışları. https://www.mgm.gov.tr /veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx, Erişim Tarihi: 03.01.2020.

URL-1,https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri. aspx

URL-2, https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Seyhan%20Havzas %C4%B1/Sekt%C3%B6rel%20Su%20Tahsis%20Plan%C4%B1.pdf

Üste, R. B. (2015). Doğanın Siyaset Paradigması: Yeşil Siyaset, *Sosyal ve Beşeri Bilimleri Dergisi*, Cilt: 7, Sayı: 2.

WWF, (2010). *Türkiye'nin Yarınları Projesi Sonuç Raporu*, Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF).

Yalçın, S., (2017). Saklı Seçilmişler, Kırmızı Kedi Yayınları, İstanbul.

Yeşiller Partisi Programı ve Tüzüğü, (1988). Ankara.

Yıldırım, C. (2017). Ekoloji Düşüncesinde İnsan ve Toplum Anlayışı, *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 1, Sayfa: 289-308.

978-625-7914-08-6

İKSAD
Publishing House